



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 :

REBATI Yazid & BEDREDDINE Aymen

Thème

ETUDE THERMIQUE D'UN PANNEAU PHOTOVOLTAÏQUE

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
IHADDADENE Nabila	Pr	Président
IHADDADENE Razika	Pr	Encadreur
ZERGANE Said	MCA	Examineur

Année Universitaire : 2021 / 2022

N° d'ordre : GM/...../2022

Remerciements

On remercie **ALLAH** le Tout Puissant pour toute la volonté et le courage qu'il nous a donné pour l'achèvement de ce travail.

On adresse chaleureusement toute notre gratitude à notre professeur Madame **IHADDADENE. R** pour son aide précieuse, ses conseils et sa disponibilité durant toute la période de ce projet de fin d'études.

Nos vifs remerciements s'adressent également à tous les membres de nos famille, notamment nos chers parents qui nous ont aidés et pour leur soutien précieux plus qu'on ne peut le dire durant les longues années de notre formation, ce qui leur fait valoir ma grande reconnaissance.

Gratitude à nos professeurs scolaires et universitaires qui nous ont apportés leurs précieux conseils et qui nous ont orientés, assistés et aidés pour y arriver.

Nous adressons tous nos remerciements aux membres du jury, pour leur rigueur scientifique, leur professionnalisme et le sérieux lors de l'évaluation de ce travail comme examinateurs.

Nous remercions Mr **GUERIRA.B** le chef département de Génie Mécanique de l'université de Biskra pour son aide durant notre stage pratique á l'université de Biskra.

Enfin, nous remercions toutes les personnes que nous n'avons pas pu citer ici et qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

Mes parents, qui étaient toujours là pour moi

dès mon enfance, grâce à eux que J'ai pu

atteindre ce succès

Que Dieu les protège

A mes frères

A ma tante SAIDA

A toute ma famille

A tous mes amis et collègues sans exception.

Yazid

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

Mes parents, qui étaient toujours là pour moi

dès mon enfance, grâce à eux que J'ai pu

atteindre ce succès

Que Dieu les protège

A mes frères

A mes sœurs

A toute ma famille

A tous mes amis et collègues sans exception.

Aymen

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des équations	
Abréviations et symboles	
Introduction générale	1

Chapitre I : Etat de l'art sur l'énergie photovoltaïque

Introduction.....	3
I.1 Energie solaire.....	3
I.2 les secteurs d'application de l'énergie solaire photovoltaïque	3
I.2.1 produits de grand public.....	3
I.2.2 habitat isolé.....	4
I.2.3 appareils portables pour les loisirs.....	4
I.2.4 équipements professionnels.....	4
I.2.5 Électrification rurale.....	5
I.2.6 Pompage photovoltaïque.....	5
I.3 Le rayonnement solaire.....	6
I.3.1 Rayonnement global.....	6
I.3.2 Rayonnement diffus.....	6
I.3.3 Albédo.....	6
I.4 Le spectre solaire.....	7
I.5 Mesure de rayonnement solaire sur la surface de la terre.....	8
I.6 Appareils de mesure du rayonnement solaire.....	8
a) Pyranomètre.....	8
b) Le pyréliomètre.....	9
c) L'héliographe.....	9
d) Pyrradiomètre différentiel ou Bilanmètre.....	10
I.7 L'effet photovoltaïque.....	10
I.7.1 Définition.....	10
I.7.2 Historique des cellules photovoltaïques.....	10
I.7.3 La cellule photovoltaïque.....	11
I.7.4 Types de cellules photovoltaïques (PV).....	12
a) La cellule au silicium monocristallin.....	12
b) Cellules au silicium poly-cristallin (ou multi-cristallin).....	13
c) Cellules au silicium amorphes.....	13
d) Cellules utilisant d'autres matériaux que le silicium.....	14
I.8 les systèmes photovoltaïques.....	14
I.9 Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque.....	14
a) avantages.....	14

Sommaire

b) inconvénients.....	15
Conclusion.....	15

Chapitre II: Matériels et méthode

Introduction.....	17
II.1. Présentation du site de l'étude «Biskra».....	17
II.2 Le climat.....	18
II.2.1 La température.....	18
II.2.2 : L'insolation.....	18
II.3 Matériels utilisés.....	19
II.3.1 Le module photovoltaïque.....	19
II.3.2 Le système d'acquisition.....	21
II.3.2.1 La carte SD.....	21
II.3.2.2 L'anémomètre.....	22
II.3.2.3 Capteur de température et de l'humidité.....	22
II.3.2.4 Les capteurs de température.....	23
Caractéristique des capteurs.....	23
II.3.2.5 Pyranomètre.....	24
Caractéristique de pyranomètre.....	25
II.4 Méthode de travail.....	26
II.4.1 Répartition des points sur le panneau.....	27
a) Répartition des points en haut du panneau.....	27
b) Répartition des points (partie basse).....	27
II.5 Comparaison des deux types de capteur de température.....	27
Conclusion.....	31

Chapitre III : Résultats et discussion

Introduction.....	33
III.1 Évolution des températures sur le panneau PV.....	33
III.1.1 Étude de l'évolution des températures en haut du panneau PV.....	33
III.1.2 Étude de l'évolution des températures en bas du panneau PV.....	34
III.3 Comparaison des températures moyennes en haut et en bas du panneau PV.....	35
III.4 Evolution des température moyennes en bas en fonction des températures moyennes en haut.....	36
III.4 Effet des conditions climatiques sur la température moyenne en bas du panneau PV.....	37

Sommaire

III.4.1 Effet des radiations solaires sur la température moyenne en bas du panneau.....	37
III.4.2 Effet de la température ambiante sur la température moyenne en bas du panneau.....	37
III.4.3 Effet de la vitesse du vent sur la température moyenne en bas du panneau.....	38
Conclusion.....	39
Conclusion générale.....	42
Références bibliographiques	
Résumé	

Chapitre I :

Figure I.1: Habitat équipé de panneaux photovoltaïques en toiture	4
Figure 1.2: Exemple de système de pompage au Mali.....	5
Figure I.3: Représentation de la masse d'aire.....	6
Figure I.4: Composition d'un rayonnement global dans un plan horizontal.....	7
Figure I.5 : Eclairage solaire.....	8
Figure I.6: Pyranomètre d'Eppley.....	9
Figure I.7: Pyrhéliomètre.....	9
Figure I.8: L'héliographe de Campbell-Stockes.....	10
Figure I.9: Bilanmètre.....	10
Figure I.10: structure basique d'une cellule solaire.....	12
Figure I.11: Cellule photovoltaïque mono cristalline.....	13
Figure I.12: Cellules solaires en silicium poly-cristallin.....	13
Figure I.13: Cellule photovoltaïque amorphes.....	13
Figure I.14: Schéma synoptique décrivant les systèmes photovoltaïque le plus général.....	14

Chapitre II:

Figure II.1: Situation géographique de la wilaya de Biskra.....	17
Figure. II.2: Les températures moyennes mensuelles a Biskra.....	18
Figure. II.3: L'insolation moyenne mensuelle pour la période de (1999 – 2009).....	19
Figure II.4: Le module PV utilisé dans notre étude.....	19
Figure II.5: Vue d'ensemble du système d'acquisition.....	21
Figure II.6: La carte SD.....	21
Figure II.7: Anémomètre.....	22
Figure II.8: capteur de températures et l'humidité.....	23
Figure II.9: les capteurs de températures surfaciques de type NI 9217 utilisés.....	24
Figure II.10: Le système d'acquisition de température(de l'année passée).....	24
Figure II.11: Pyranomètre de type 4890.20.....	25
Figure II.12: Le capteur de lumière LDR.....	26
Figure II.13 : Installation des sondes de températures sur le panneau PV en haut et en bas.....	27
Figure II.14 : La répartition des points;(a) en haut du panneau, (b) en bas du panneau.....	28
Figure II.15: L'installation des capteurs sur le panneau.....	28
Figure II.16: Évolution des températures en point 1 (TS1: la température du capteur surfaccique ou l'autre /T1).....	29
Figure II.17: Evolution des températures en point 2 (TS2/T2).....	29
Figure II.18: Evolution des températures en point 3 (TS3/T3).....	30
Figure II.19: Evolution des températures en point 4 (TS4/T4).....	30

Chapitre III :

Figure III.1: Évolution de température en haut du panneau PV.....	34
Figure III.2: Évolution de température en bas du panneau PV.....	35
Figure III.3: Évolution des températures moyennes (haute et basse) sur le panneau PV.....	35
Figure III.4: Évolution des températures moyennes en bas en fonction des températures moyennes en haut.....	36
Figure III.5: Évolution de la température de la partie inférieure du panneau PV en fonction du la radiation solaire.....	37
Figure III.6: Evolution de la température de la partie inférieure du PV en fonction du la température ambiante.....	38
Figure III.7: Evolution de la température de la partie inférieure du panneau PV en fonction du la vitesse du vent.....	39

Chapitre II :

Tableau II.1: Caractéristiques électriques de module photovoltaïque utilisé..... **20**

Liste des équations :

Listes des équations :

(III.1) $T_{bm} = 1.0873xT_{hm}-1.6558$	36
(III.2) $T_{bm} = 0,0361xG +12.095$	37
(III.3) $T_{bm} = 1,8xT_a -3,6575$	38
(III.4) $T_m = 0.2054xV +42.823$	38

Abréviations et Symboles

Abréviations et Symboles :

Co ₂	→	dioxyde de carbone
PV	→	Photovoltaïque
Km	→	kilomètre
K°	→	kelvin
µm	→	micromètre
CuO	→	oxyde cuivreux
Se	→	sélénium
Si	→	silicium
GaAs	→	l'arséniure de gallium
V	→	volte
A	→	ampère
Wc /m ²	→	watt-crête sur le mètre carré (puissance)
poly-Si	→	poly-silicium
CdTe	→	tellure de cadmium
CIS	→	di sélénium de cuivre et d'iridium
AC	→	Courant alternative
DC	→	Courant continu
°C	→	degré Celsius
H	→	heure
J	→	jour
Isc	→	Courant de court-circuit
Gb	→	Gigabit
SD	→	Secure Digital
E/S	→	Entrée/Sortie
Nm	→	Nanometre
Th	→	température en haut
Tb	→	température en bas
Tbm	→	température moyenne en bas
Thm	→	température moyenne en haut

Abréviations et Symboles

G	→	les radiations solaires
Ta	→	la température ambiante
V	→	la vitesse du vent

*Introduction
générale*

Introduction générale

Introduction générale :

Une énergie renouvelable se caractérise par une régénération naturellement à l'échelle temporelle de notre civilisation. On note cinq types d'énergies renouvelables ; l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie géothermique, l'énergie hydraulique et la biomasse. L'énergie solaire la plus applicable sur la terre. Elle peut ainsi être utilisée directement sous forme thermique ou sous forme photovoltaïque pour la production de l'énergie électrique allant de quelques milliwatts au mégawatt. C'est une énergie décentralisée, idéale pour la production d'électricité dans des sites isolés ou elle évite d'investir dans des kilomètres de lignes électriques de raccordement au réseau.

L'application photovoltaïque en Algérie présente un intérêt particulier, puisqu'elle dispose d'un gisement solaire très important. Ce qui se traduit par le nombre des centrales photovoltaïques sur le territoire national qui dépasse les 23.

Le problème majeur des panneaux photovoltaïques réside dans la dégradation de leur performance suite à l'augmentation de leur température particulièrement dans les zones chaudes. En coopération avec le Département de Génie Mécanique de l'Université de Mohamed Khider de Biskra, la partie expérimentale de notre étude sur l'étude thermique d'un panneau photovoltaïque dans les conditions climatiques réelles de la région de Biskra a été effectuée au laboratoire des énergies renouvelables de cette université.

Notre mémoire de fin d'étude est divisé en trois chapitres répartis comme suit : Le premier chapitre est consacré aux notions générales sur l'énergie solaire, les applications de l'énergie photovoltaïque, Le rayonnement solaire et aussi une explication détaillée sur les Cellules photovoltaïque et leurs types et à la fin on cite les avantages et les inconvénients de l'énergie photovoltaïque.

Le deuxième chapitre présente la description du matériel et de la méthode expérimentale utilisés dans cette étude. Notant que les expériences ont été effectuées au laboratoire des énergies renouvelables de l'université de Biskra.

Le troisième chapitre décrit la présentation et la discussion des résultats à savoir; l'évolution des températures en haut et en bas d'un panneau PV, comparaison de ces températures et en fin l'étude de l'influence des conditions climatiques sur la température du panneau PV (les radiations solaires , la vitesse du vent et la température ambiante).

En fin, nous terminerons notre mémoire par une conclusion générale.

Chapitre I:

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

Introduction :

Les énergies renouvelables peuvent jouer un rôle important pour réduire la grande consommation des énergies fossiles et réduire les émissions de CO₂ dans le monde, Dans ce chapitre on présente une de ces énergies renouvelables nommée énergie solaire avec son application photovoltaïque.

I.1 Énergie solaire :

L'énergie solaire correspond au type d'énergie que le soleil diffuse dans l'atmosphère par son rayonnement. Elle est obtenue grâce à des panneaux solaires et elle est utilisée par les humains sous deux formes différentes : électrique et thermique. L'énergie solaire photovoltaïque permet de transformer les rayons du soleil en électricité, par utilisation des cellules solaires photovoltaïque, tandis que l'énergie thermique est plutôt utilisée pour produire de la chaleur.

Par l'application de cette énergie, on utilise deux types de capteur, capteur solaire plan qui est utilisé pour : le chauffage de l'eau, le séchage des récoltes agricoles, et des capteurs solaires à concentration dont leur accès à très haute température produit la vapeur chaude et comprimée par la concentration du rayonnement solaire sur la surface de l'absorbeur par des surfaces réfléchissantes, ce deuxième type de capteur (capteur solaire à concentration) permet aussi de produire l'électricité comme les cellules solaires photovoltaïque. [1]

Ces capteurs solaires peuvent être installés partout où le soleil brille toute l'année, comme c'est le cas pour les pays situés aux abords de la ligne équatoriale,

I.2 Les secteurs d'application de l'énergie solaire photovoltaïque :**I.2.1 Produits grand public**

Sous éclairage artificiel, une cellule solaire peut alimenter : calculettes, montres, jouets, lampes de poche, balances, pèse-personnes, animations publicitaires en vitrines, etc. Potentiellement, tout objet de consommation très réduite qui se trouve fréquemment exposé à la lumière peut être alimenté par une photopile, ce qui permet :

- de disposer d'un appareil sans « fil à la patte » ;
- d'éviter toute contrainte de changement de piles, et de réaliser des économies de fonctionnement ;
- d'économiser la mise en place d'un logement pile dans l'appareil.

Ce dernier facteur est surtout à l'origine du plus grand succès de l'énergie lumière à ce jour en terme de mètres carrés de photopiles vendus dans le monde : la calculatrice solaire.

À l'extérieur, on dispose de plus de lumière, on pourra rendre totalement autonome tout équipement électrique à consommation modérée ou intermittente, placé dehors ou

pouvant être alimenté par des panneaux exposés à l'extérieur : éclairage portable, radio et éventuellement mini-ordinateur.[2]

I.2.2 Habitat isolé

L'électricité solaire autonome (Figure I.1) pour l'habitat est particulièrement rentable dans les cas suivants :[2]

- habitat éloigné du réseau d'électricité, ou difficile d'accès (milieu rural, montagne, îles...);
- besoins modestes en énergie avec des consommations optimisées, éclairage,
- réfrigération, pompage de l'eau, petit électroménager, et en aucun cas le chauffage, qui doit être alimenté par des capteurs thermiques ;
- occupation intermittente (maison de week-end) ;
- énergie complémentaire en couplage avec un groupe électrogène ;
- appareils électriques d'extérieur : fontaines de jardin, portails...[2]



Figure I.1 : Habitat équipé de panneaux photovoltaïques en toiture [2]

I.2.3 Appareils portables pour les loisirs :

Beaucoup plus modestes et déjà passées dans les mœurs, sont les utilisations du solaire dans le domaine des loisirs : nautisme, caravaning, expéditions... Avec un ou deux panneaux solaires et de bonnes batteries, l'utilisateur pourra disposer d'une énergie indépendante pour, par exemple [2]:

- 1 ou 2 points lumineux à usage limité dans le temps ;
- et/ou 1 petit réfrigérateur ;
- et/ou 1 recharge pour téléphone portable, une caméra vidéo...[2]

I.2.4 Équipements professionnels :

Dans ce domaine, la performance des produits est déterminée davantage par le service rendu que par des considérations de rendement photovoltaïque. En particulier, lorsque la maintenance d'un réseau d'appareils alimentés par piles est compliquée (difficultés d'accès) ou onéreuse (étendue du parc d'équipements). Le solaire est avant tout une tranquillité pour l'exploitant.

Un nombre grandissant de secteurs est concerné : télécommunications, sécurité et

signalisation routières, télémessure, stations météorologiques, gestion des eaux, contrôles de pollution, surveillance et contrôle d'accès, mobilier urbain, éclairage, information sur la voie publique, gestion agricole (serres, irrigation...).[2]

I.2.5 Électrification rurale :

Deux à trois millions de personnes n'ont pas accès à l'électricité dans le monde et 80 % d'entre elles vivent en milieu rural. La faible densité de population rend hors de prix le raccordement au réseau électrique public. L'énergie photovoltaïque constitue donc une énergie précieuse pour les pays en développement qui ne disposent pas de réseau électrique. Elle permet de fournir de l'électricité aux besoins domestiques (éclairage, télévision, accès à l'eau potable), professionnels (fonctionnement de moulins à céréales, de machines à coudre, etc.) et éducatifs et médicaux (écoles, accès à l'information, dispensaires, conservateurs de vaccins, etc.). [2]

I.2.6 Pompage photovoltaïque :

Monter de l'eau à la surface à l'aide d'une pompe alimentée par des panneaux solaires est assez simple et efficace, surtout dans les pays bien ensoleillés. Le pompage photovoltaïque est d'ailleurs une des applications les plus répandues dans les pays du Sud, et les premières pompes « solaires » datent des années 1970. Ces systèmes fonctionnent « au fil du soleil », l'eau est remontée dans la journée, et stockée dans une citerne placée en hauteur, qui sert de stockage. On peut donc se passer de batterie. Ainsi, à sa manière, l'électricité solaire est un vrai moteur de développement.

Elle permet de libérer les femmes qui normalement passent beaucoup de temps à aller chercher l'eau, d'irriguer facilement les plantations, de mettre en route des activités artisanales demandant de l'électricité dans une zone non électrifiée, et d'aider à l'équipement des écoles et des hôpitaux délocalisés [2]



Figure I.2: Exemple de système de pompage au Mali [2]

I.3 Le rayonnement solaire :

Le soleil est une étoile parmi tant d'autres. Il a un diamètre de 1390000 km, soit environ 50 fois celui de la terre. Il est composé à 80% d'hydrogène, 19% d'hélium et 1% d'un mélange de 100 éléments, soit pratiquement tout les éléments chimiques connus depuis que Langevin et Perrin, s'appuyant sur la théorie de la relativité d'Einstein, ont émis l'idée il y a une soixantaine d'années que c'est l'énergie de fusion nucléaire qui fournit au soleil sa puissance, il est aujourd'hui admis que le soleil est une bombe thermonucléaire hydrogène – hélium transformant chaque seconde 564 millions de tonnes d'hydrogène en 560 millions de tonnes d'hélium; la réaction se faisant dans son noyau à la température d'environ 25 millions de degrés Celsius. Ainsi, à chaque seconde, le soleil est allégé de 4 millions de tonnes dispersées sous forme de rayonnement. [3]

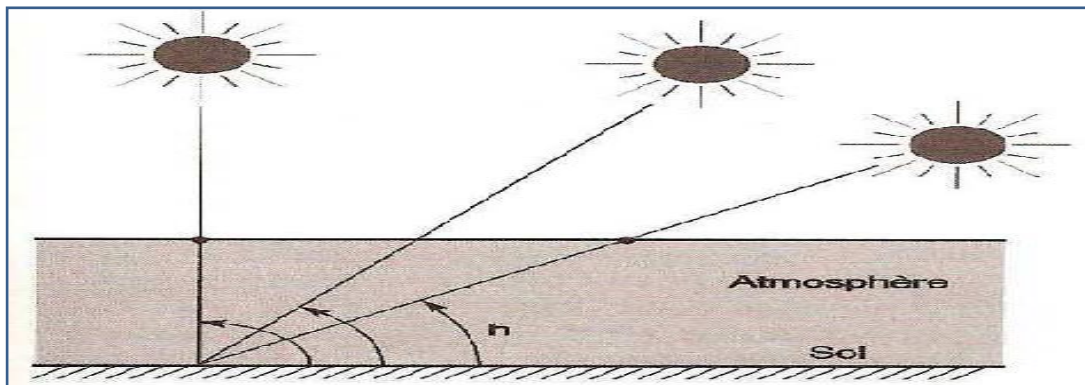


Figure I.3 : Représentation de la masse d'air [4]

I.3.1 Rayonnement global :

Le rayonnement solaire arrivant au sol (Figure I.4) a au moins deux composantes : une composante directe I et une composante diffuse D, le tout formant le rayonnement global G. [5]

I.3.2 Rayonnement diffus :

La composante diffuse provenant de toute la voute céleste, elle n'a pas d'orientation privilégiée. Elle ne peut donc être concentrée par des instruments optiques. Le rayonnement diffus est plus riche en bleu que le rayonnement global. Les photopiles étant des détecteurs sélectifs, ce point a son importance.[5]

I.3.3 Albédo :

C'est la fraction d'un rayonnement incident diffusée ou réfléchi par un obstacle. Ce terme étant généralement réservé au sol ou aux nuages, c'est une valeur moyenne de leur réluctance pour le rayonnement considère et pour tous les angles d'incidences possibles. Par définition, le corps noir possède un albédo nul. Il faudra tenir compte de l'albédo du sol pour

montagne, sur l'eau (bouées de navigation), dans les zones désertiques, ou même sur le dimensionnement d'installations solaires installées sur une surface enneigée (refuges de toitures des immeubles. Bien distinguer l'éclairement direct de l'éclairement diffus, toujours tenir compte de l'albédo pour calculer l'éclairement global .[5]

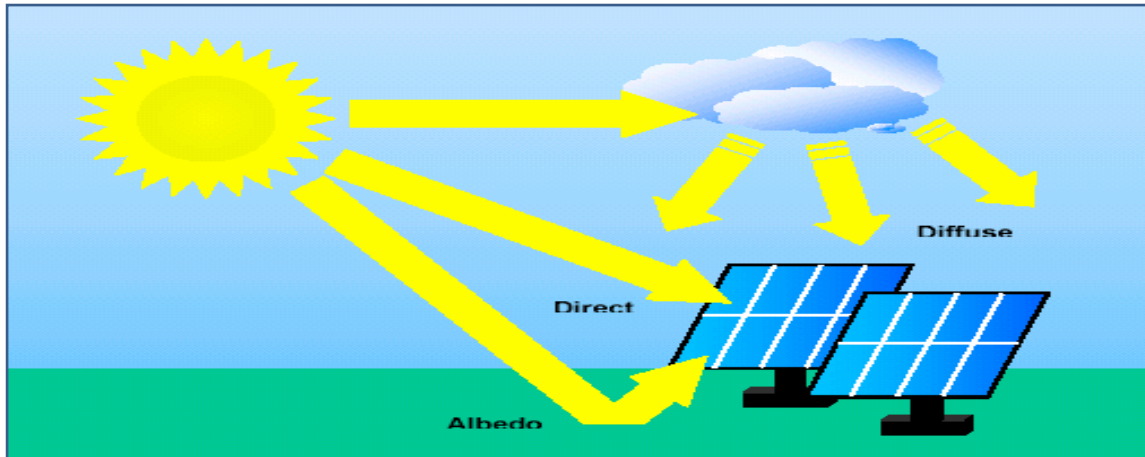


Figure I.4 : Composition d'un rayonnement global dans un plan horizontal [5]

I.4 Le spectre solaire :

Le spectre du rayonnement électromagnétique solaire comporte une très grande étendue, depuis les rayonnements radio jusqu'aux rayons X.

On distingue en général le spectre continu, qui est sensiblement celui d'un corps noir à environ 6000°K et le spectre réel d'émission du soleil [6]. La figure I-5 présente la courbe d'énergie du corps noir à 6000K , le rayonnement solaire hors de l'atmosphère et le rayonnement solaire au niveau de la mer en fonction de la longueur d'onde. Ces courbes montrent que 9,2% de l'énergie de ce spectre se trouve dans l'ultraviolet, 42,4% dans le visible et 48,4% dans l'infrarouge.

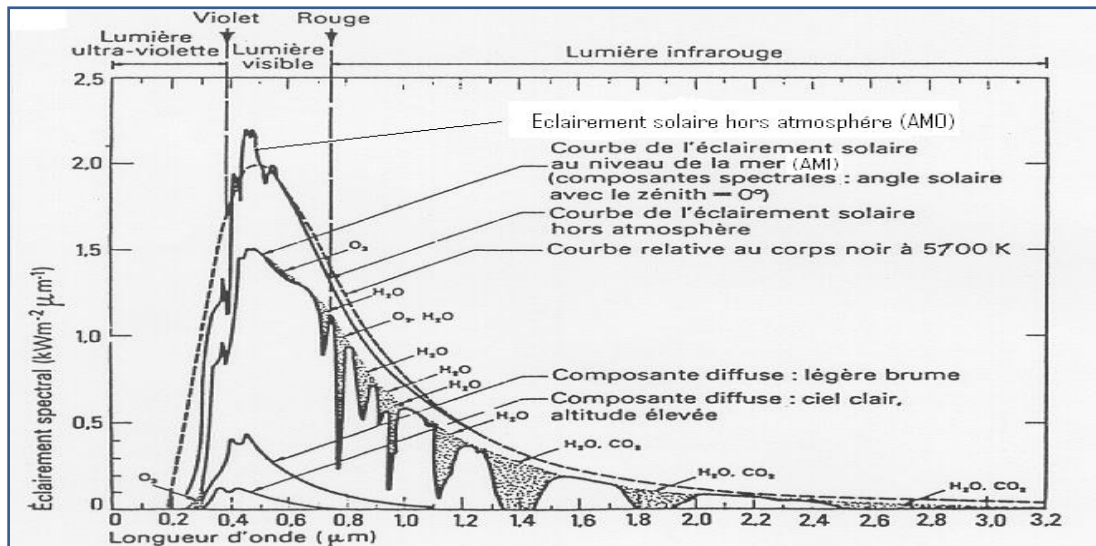


Figure I.5 : Le spectre solaire [6]

I.5 Mesure de rayonnement solaire sur la surface de la terre :

De façon générale, la mesure de flux global d'irradiation s'effectue dans les stations météorologiques sur le plan horizontal à l'aide d'un pyranomètre. Cet instrument collecte le rayonnement arrivant sur une surface horizontale noircie qui convertit le rayonnement reçu en chaleur puis en électricité. La différence de température entre cette surface et le corps de l'instrument est proportionnelle à l'éclairement énergétique du rayonnement global: elle est mesurée par une thermopile constituée de plusieurs thermocouples montés en série.

La composante directe de l'irradiation solaire peut être mesurée par le même instrument en lui ajoutant une large couronne blanche qui protège la thermopile de la lumière diffusée par le sol et qui joue en même temps le rôle d'écran thermique.

En ce qui concerne la mesure de la composante diffuse, le pyranomètre doit être muni d'une bande pare-soleil. Cette bande est munie d'un écran annulaire qui est une bande circulaire axée sur la thermopile et parallèle au plan équatorial. [7]

I.6 Appareils de mesure du rayonnement solaire:

a. Pyranomètre :

C'est l'appareil le plus utile puisqu'il évalue, à l'aide d'une thermopile, l'ensemble du rayonnement solaire (direct+diffus) sur une surface donnée et sur un large spectre de 0,3 à $3[\mu\text{m}]$ de longueur d'onde. Son globe de verre lui confère une grande acceptante angulaire proche de la demi-sphère (il collecte les rayons venant de toutes les directions, même les rayons rasants).

Il peut également mesurer la part diffuse du rayonnement, on masque alors le rayonnement direct avec un cache en forme d'arceau qui suit la trajectoire du soleil pour éliminer la contribution directe du rayonnement. [7]



Figure I.6 : Pyranomètre d'Eppley [8]

b. Le pyréliomètre:

C'est un instrument destiné à la mesure de l'intensité du rayonnement solaire direct. Il est généralement constitué par une thermopile peinte en noir, donc très absorbante, montée sur un système de suivi. Ainsi cet instrument ne mesure que le rayonnement directement issu du soleil [8].



Figure I.7 : Pyréliomètre [8].

c. L'héliographe :

Qu'est l'instrument dont l'origine est la plus ancienne. Il donne la durée d'insolation ou plus exactement la période du jour pendant laquelle le rayonnement solaire a dépassé un certain seuil. C'est sur un papier qui se déplace que le rayonnement solaire, concentré à l'aide de dispositif optique, laisse son empreinte en le brûlant sur une longueur qui donne la durée du jour. Cet appareil n'est pas très intéressant pour le photovoltaïque, car il ne renseigne

passur l'intensité du rayonnement [8].



Figure I.8: L'héliographe de Campbell-Stockes [8]

d. Pyrromètre différentiel ou Bilanmètre :

Mesure le bilan du rayonnement total, différence entre le rayonnement total descendant et le rayonnement total ascendant (rayonnement solaire et atmosphérique renvoyés vers l'espace [8].



Figure I.9 : Bilanmètre [8]

I.7 L'effet photovoltaïque :

I.7.1 Définition :

Le terme « photovoltaïque » se compose de deux mots : le mot « photo » signifiant lumière, clarté en grec et le nom de famille du physicien italien Alessandro Volta. C'est à lui que l'on doit la pile électrique, inventée en 1800 et le nom de l'unité de mesure de la tension électrique, le volt. La capacité que possèdent des matériaux dits semi-conducteurs à convertir directement les différentes composantes de la lumière du soleil (et non sa chaleur) en électricité s'appelle l'effet photovoltaïque. [9]

I.7.2 Historique des cellules photovoltaïques :

Plusieurs types de matériaux sont susceptibles d'être utilisés dans les capteurs PV, soit seuls, ou associés sous forme de multicouches afin de mieux couvrir la totalité du spectre

solaire. C'est en 1930 que les premières cellules PV à oxyde cuivreux (CuO) ont été créées, suivies de cellules en sélénium (Se).

Pendant des années, l'effet photovoltaïque n'était en somme qu'une curiosité de laboratoire. En 1954, les premières cellules au silicium (Si) ont été réalisées dans les laboratoires de la compagnie Bell Téléphone aux États-Unis. Depuis, les cellules PV ont commencé à faire l'objet de recherches plus intenses et se sont développées à l'échelle industrielle. Plusieurs raisons en sont à l'origine de cet essor lié principalement à l'épuisement des ressources fossiles et à la volonté de développer des énergies protectrices de l'environnement.

Pour les applications spatiales, répondant à des normes de poids et de durées de vie sévères, les cellules PV sont rapidement devenues des cellules multicouches basées sur divers matériaux, dont l'une des couches est souvent en GaAs. Elles présentent des rendements très élevés, une bonne fiabilité et une faible détérioration de leurs caractéristiques au cours du temps (sur au moins 20 ans). Les plus récentes sont formées de quatre couches de matériaux différents. Certaines recherches tendent même vers cinq couches.

Bien que leurs performances soient meilleures que celles en Si, ces dernières ne se développent pas pour des applications terrestres en raison de leur prix, 50 à 100 fois plus élevé[10].

I.7.3 La cellule photovoltaïque :

La cellule photovoltaïque ou encore photopile est le plus petit élément d'une installation photovoltaïque. Elle est composée de matériaux semi-conducteurs et transforme directement l'énergie lumineuse en énergie électrique. Les cellules photovoltaïques sont constituées (Figure I.10) :

D'une fine couche semi-conductrice (matériau possédant une bande interdite, qui joue le rôle de barrière d'énergie que les électrons ne peuvent pas franchir sans excitation extérieure, et dont il est possible de faire varier les propriétés électriques) tel que le silicium, qui est un matériau présentant une conductivité relativement bonne.

D'une couche antireflet permettant une pénétration maximale des rayons solaires.

D'une grille conductrice sur le dessus ou cathode et d'un métal conducteur sur le dessous ou anode.

Les plus récentes possèdent même une nouvelle combinaison de multicouches réfléchissantes juste en dessous de semi-conducteur, permettant à la lumière de rebondir plus longtemps dans celui-ci pour améliorer le rendement[11].

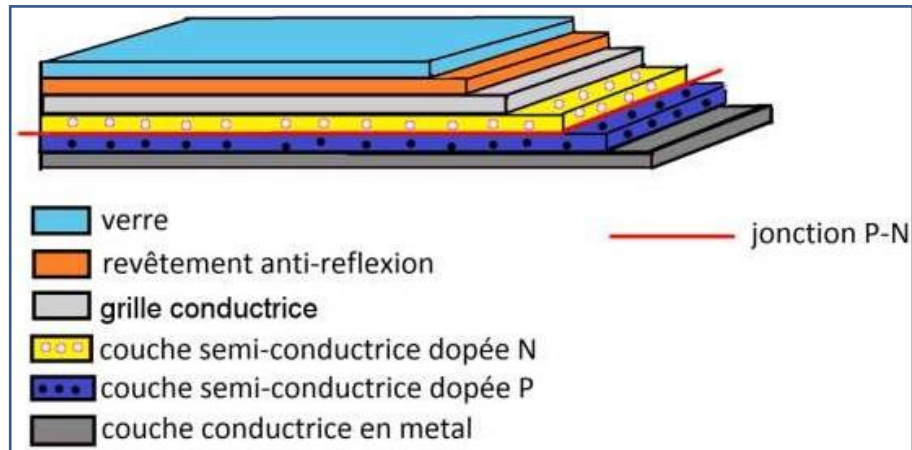


Figure I.10 : structure basique d'une cellule solaire [11]

Une cellule photovoltaïque est basée sur le phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à établir une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière. La tension générée peut varier entre 0.3 V et 0.7 V en fonction du matériau utilisé et de sa disposition ainsi que de la température et du vieillissement de la cellule [11].

I.7.4 Types de cellules photovoltaïques (PV) :

Il existe plusieurs types de cellules qui se différencient par les matériaux utilisés pour les construire. En dehors du prix, le choix d'un type de cellule n'a que peu de conséquences pour l'utilisateur, la principale différence sera la surface qui, à puissance égale, pourra varier du simple au double[12].

a. La cellule au silicium monocristallin :

La cellule au silicium monocristallin(Figure I.11) est constituée d'un silicium formé d'un seul cristal qui ordonné offrent le meilleur rendement parmi les panneaux solaires disponibles dans le commerce .Elle a comme avantage un bon rendement, de 16 à 19 %, et un nombre de fabricants élevé. Le silicium monocristallin est le plus cher, son seul avantage est finalement d'utiliser une surface réduite on obtient une puissance de 120 à 190 Wc /m²[12].



Figure I.11 : Cellule photovoltaïque monocristalline[12].

b. Cellules au silicium poly-cristallin (ou multi-cristallin) :

Le silicium poly-cristallin(Figure I.12), aussi couramment appelé poly-silicium ou poly-Si est une forme particulière du silicium, ont en général un rendement compris entre 12 et 14%, Ces cellules sont plus simples à fabriquer et moins chères que les cellules au silicium monocristallin. Le silicium poly-cristallin est constitué de multiples petits cristaux de tailles et de formes variées[12].

c. Cellules au silicium amorphe :

Les cellules photovoltaïques amorphes(Figure I.13) sont fabriquées avec un gaz de silicium. Ce gaz peut être projeté ensuite sur différents supports comme des plaques de verre, du plastique souple ou encore du métal, via un procédé de vaporisation sous vide. Ces cellules ont des rendements limités (de l'ordre de 5 à 7%, soit environ 15m² pour obtenir 1kWc) [12]. Cette technologie est pratique car utilisable sur de nombreux supports et elle peut fonctionner si faible ensoleillement[12].

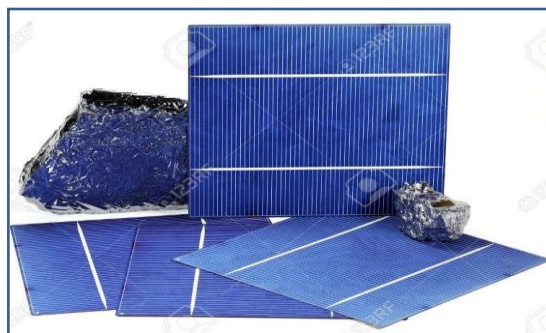


Figure I.12 : Cellules solaires en silicium poly-cristallin [12]

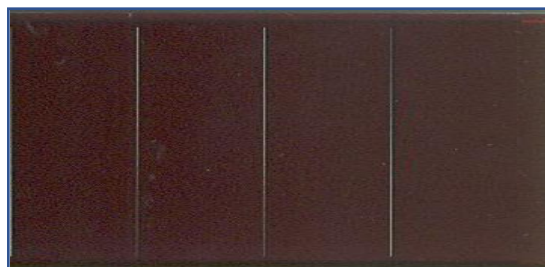


Figure I.13 : Cellule photovoltaïque amorphes [12]

d. Cellules utilisant d'autres matériaux que le silicium :

Ce sont également des cellules à couches minces, elles peuvent être fabriquées à partir de matériaux divers : di sélénure de cuivre et d'iridium (CIS), tellure de cadmium (CdTe). Elles ont des rendements compris entre 7 et 11% .[12]

I.8 Les systèmes photovoltaïques:

Bien que fondamental dans la chaîne que représente un système, le module photovoltaïque à lui seul ne peut pas grand chose : pour répondre à un besoin défini, il faut en fait l'associer étroitement à un système complet correspondant à une application bien spécifique [13].

Un système photovoltaïque sera donc constitué du générateur précédemment décrit, généralement associé à l'un ou plusieurs des éléments suivants [13]:

- un système d'orientation ou de suivi (rencontré assez rarement sous nos latitudes),
- une gestion électronique (stockage, mise en forme du courant, transfert de l'énergie),
- un stockage palliant la nature aléatoire de la source solaire,
- un convertisseur DC/AC
- une charge en courant continu basse tension ou en courant alternatif standard.

La Figure I.14 représente symboliquement les divers éléments du système le plus général. Dans la pratique, bien sûr, les systèmes utilisent les éléments appropriés au type de charge et aux conditions locales[13].

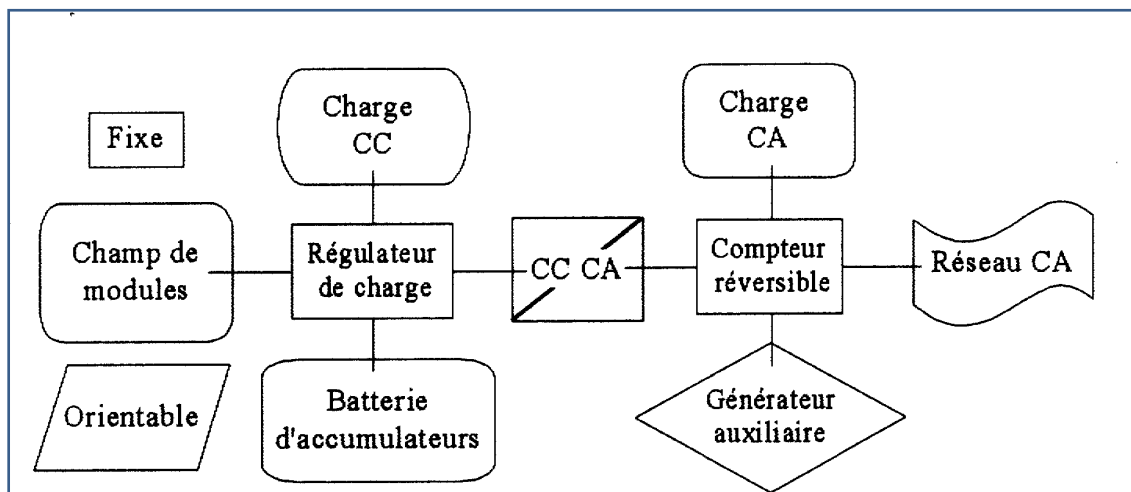


Figure I.14 : Schéma synoptique décrivant le système photovoltaïque le plus général.[13]

I.9 Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque [3]:

Avantages :

D'abord une haute fiabilité. L'installation ne comporte pas de pièces mobiles qui la rend particulièrement appropriée aux régions isolées. C'est la raison de son utilisation sur les

engins spatiaux.

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, si ce n'est par l'occupation de l'espace pour les installations de grandes dimensions. [3]

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 % avec une limite théorique pour une cellule de 28%. Les générateurs photovoltaïques ne sont compétitifs par rapport aux générateurs diesel que pour des faibles demandes d'énergie en régions isolées.

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. [3]

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons rappelé quelques notions sur l'énergie solaire et l'énergie photovoltaïque à savoir; le rayonnement solaire, l'effet PV , le système PV et tous ses éléments , pour permettre une bonne compréhension du fonctionnement des systèmes PV.

Nous avons vu aussi que l'énergie PV comme tout autre présente des avantages et aussi des inconvénients.

Chapitre II :

Matériels et Méthode

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.

Notre travail consiste à étudier la variation des températures d'un panneau PV dans la région de Biskra en utilisant un système d'acquisition des différents paramètres (les températures du panneau, les radiations solaires, la température ambiante, la vitesse du vent et l'humidité). Ce système a été réalisé par un étudiant de Master II (Énergétique)[17], qu' nous avons amélioré en changeant le type des sondes de températures et le type de capteur des radiations solaires.

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 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 d'Ouled Djalel.
- au sud-est par la wilaya d'El Oued.
- au sud par la wilaya Elmhayer



Figure II.1: Situation géographique de la wilaya de Biskra [Web1].

II.2 Le climat :

II.2.1 La température:

La saison très chaude dure 3,1 mois, du 8 juin au 10 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 35 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Biskra est juillet, avec une température moyenne maximale de 40 °C et minimale de 28 °C.

La saison fraîche dure 3,8 mois, du 17 novembre au 9 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 21 °C. Le mois le plus froid de l'année à Biskra est janvier, avec une température moyenne minimale de 8 °C et maximale de 17 °C[Web2].

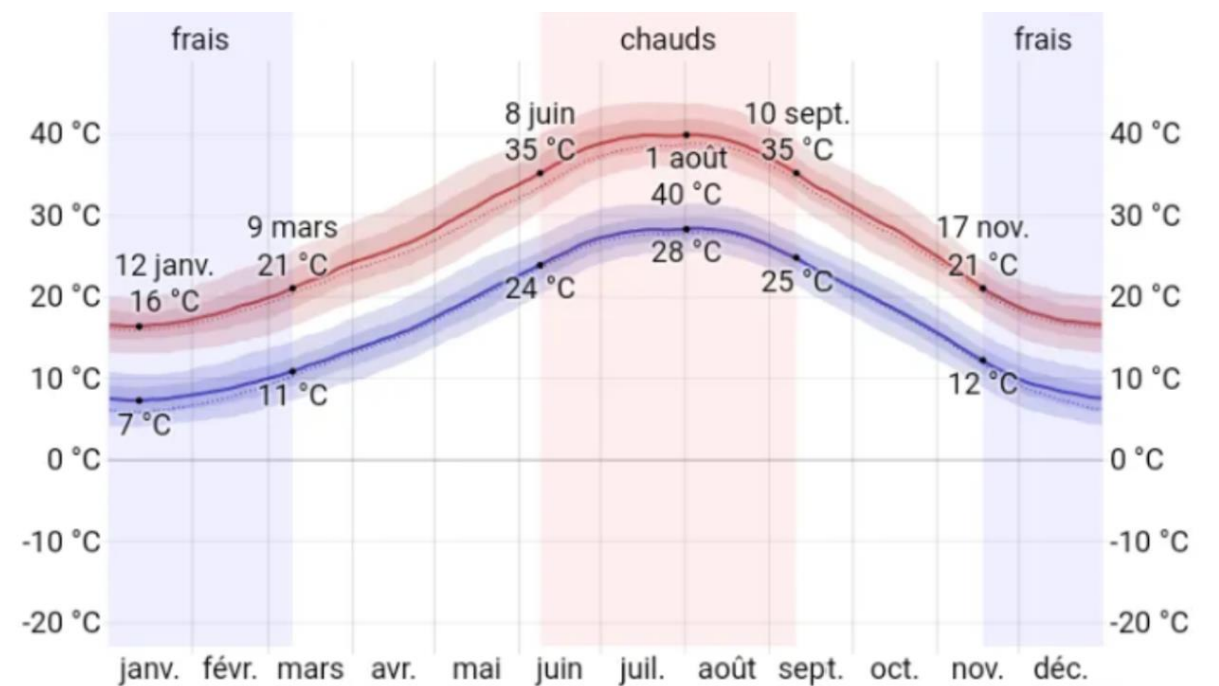


Figure II.2 : Les températures moyennes mensuelles a Biskra[Web2].

II.2.2 L'insolation:

Le désert est caractérisé par un insolation qui peut atteindre 90 % du minimum théorique soit 3500 à 4000 heures / année. En l'absence de masques montagneux la moyenne mensuelle d'insolation est plus accentuée[18].

Selon la région de Biskra reçoit une intensité lumineuse très importante surtout pendant les grandes puretés durant toute l'année car l'atmosphère à une grande pur et durant toute l'année[19].Cependant l'histogramme (Figure. II.3) nous indique que le nombre moyen annuel d'heurs d'insolation est de 280,41h. qui correspond à 9.35 h/j, La valeur minimale a été enregistrée au mois de décembre (210 h) qui cours pour(7h/j).[14]

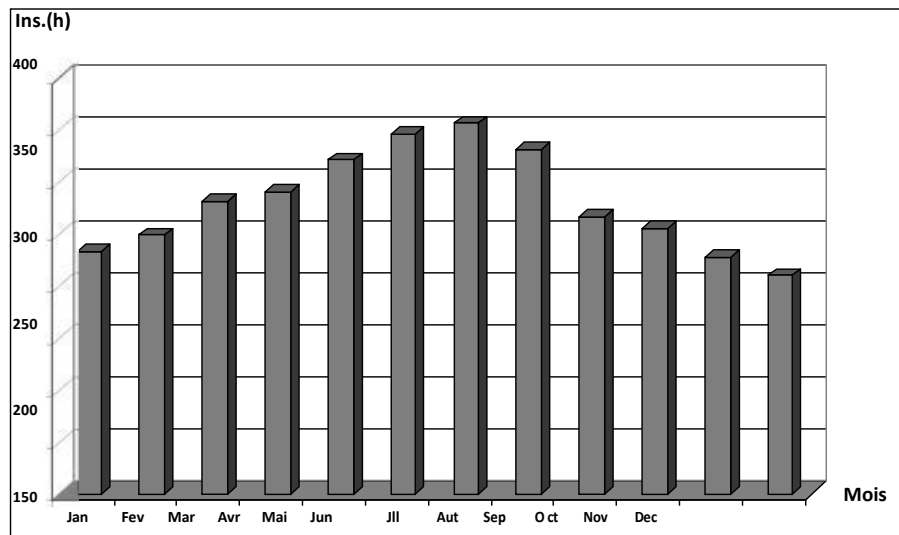


Figure II.3 : L'insolation moyenne mensuelle pour la période de (1999 – 2009) [15]

II.3. Matériels utilisés :

II.3.1 Le module photovoltaïque :

Un panneau photovoltaïque de type ALPV85-125M-36 a été utilisé durant notre étude noté sur la Figure II.4. Ce module photovoltaïque avec une puissance de 85 W est constitué de 36 cellules en silicium monocristallin connectés en série, Les principales caractéristiques électriques sont regroupées sur le Tableau II.1:



Figure II.4 : Le module PV utilisé dans notre étude.

Tableau II.1: Caractéristiques électriques de module photovoltaïque utilisé [16]

Paramètres électriques	Valeurs sous (1000 W/m², 25°C)
Courant maximal	5.06 A
Tension maximale	17.62 V
Tension en circuit ouvert	22.03 V
Courant de court-circuit (Isc)	5.54 A
Surface	120mmx50mm
Nombre des cellules solaires	36
Coefficient de température Isc	+0,069%/C°
Coefficient de température Voc	-0,39%/C°
Coefficient de température Pmp	-0,46%/C°

II.3.2 Le système d'acquisition :

Le système d'acquisition des données des températures du panneau PV, des radiations solaires, la température ambiante, la vitesse du vent et l'humidité a été réalisé l'année passée dans le cadre d'un projet de fin d'étude de Master II énergétique par l'étudiant Sofian Balabbes à l'Université de Biskra. Ce système permet de mesurer toutes ces données chaque une minute et de les stocker sur une carte mémoire sous forme d'un fichier Excel.

Afin d'améliorer ce système d'acquisition, nous avons effectué deux variations, la première porte sur le changement de type des sondes de température NI 9217 (voir Figure II.9) et la deuxième sur le type de pyranomètre utilisé 4890.20 (voir Figure II.11). Ce système (Figure II.5) se compose des éléments suivants :

- Une carte arduino.
- Une carte SD.
- Un anémomètre.
- Un capteur de températures et l'humidité.
- Des capteurs de températures.

- Le système d'acquisition de température
- Un pyranomètre.

Durant notre étude, on présente quelques éléments uniquement, pour plus de détails il faut consulter le mémoire de fin d'étude citer au dessus.

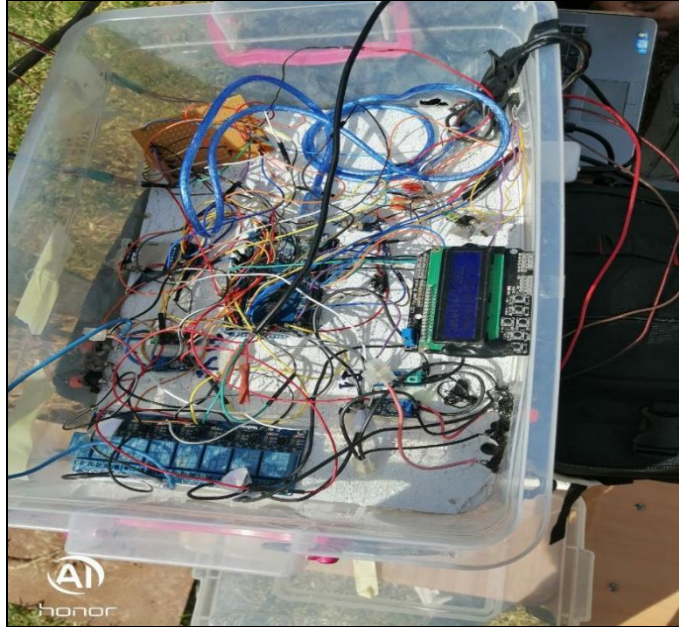


Figure II.5 : Vue d'ensemble du système d'acquisition.

II.3.2.1 La carte SD :

Le système d'acquisition numérique utilise une carte SD pour enregistrer les valeurs des températures captées par le système de capacité 4 Gb. La carte SD est illustrée sur la Figure II. 6.

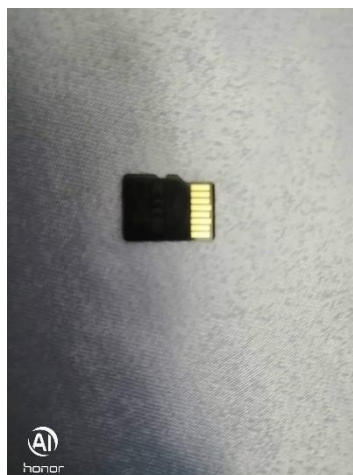


Figure II.6 : La carte SD

II.3.2.2 L'anémomètre :

L'anémomètre ou capteur de la vitesse du vent utilisé durant notre étude est illustré sur la Figure II.7, il est de type (A1733) possédant les caractéristiques suivantes[16]:

- Sortie : 0,4 V à 2 V
- Plage de test : 0,5 m/s à 50 m/s
- Vitesse de démarrage du vent : 0,2 m/s
- Résolution : 0,1m/s
- Précision pire cas 1 mètre/s
- Vitesse maximale du vent : 70 m/s



Figure II.7 : Anémomètre

II.3.2.3 Capteur de température et de l'humidité :

Le capteur de température et d'humidité utilisé est représenté sur la Figure II.8.C'est le L'AM2302 qui présente une version filaire du DHT22. Il s'agit d'un capteur de température et d'humidité numérique basique et peu coûteux. Il utilise un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour mesurer l'air ambiant et crache un signal numérique sur la broche de données (aucune broche d'entrée analogique n'es tnécessaire)[16].

Ce capteur présente les caractéristiques techniques suivantes:[16]

- À bas prix
- Alimentation 3 à 5 V et E/S
- Utilisation de courant maximale de 2,5 mA pendant la conversion (lors de la demande de données)
- Bon pour les lectures d'humidité de 0 à 100 % avec une précision de 2 à 5%

- Bon pour des lectures de température de -40 à $80^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ de précision
- Pas plus de $0,5$ Hz de fréquence d'échantillonnage (une fois toutes les 2 secondes)
- Taille du corps 27 mm x 59 mm x $13,5$ mm ($1,05$ "x $2,32$ "x $0,53$ ")
- 3 fils de 23 cm de long (9 ") 27 mm de large x $58,75$ mm de haut x $13,30$ mm de profondeur.



Figure II.8 : capteur de températures et l'humidité.

II.3.2.4 Les capteurs de température :

Des capteurs de température surfaciques de type NI 9217 illustrés sur la Figure II.9 ont été utilisés cette fois pour mesurer la température dans différents points en haut et en bas de panneau photovoltaïque pour remplacer le capteur des températures utilisé l'année passée (Figure II.10). Ces capteurs de température sont regroupés dans un système d'acquisition numérique en utilisant une carte Arduino (comme illustré sur la Figure II.9), il comporte quatre sondes de température. Il permet de mesurer ces températures dans chaque minute.

Les capteurs de température sont liés avec un logiciel (LabVIEW), ces capteurs ont été programmé pour enregistrer toutes les valeurs des températures chaque minute dans une carte SD en fichier Excel.

Caractéristiques des capteurs:

Le Ni - 9217 est un module d'entrée de température de la série C. Ce module d'entrée de détecteur de température de résistance (RTD) est livré avec quatre canaux, 400 s / s de la fréquence d'échantillonnage, 0 Ω à 400 Ω et PT100 RTD C. Les utilisateurs peuvent concevoir le module RTD NI 9217 pour deux modes de débit d'échantillonnage : taux

d'échantillonnage élevé ou haute résolution. Le NI 9217 fonctionnera avec des estimations de RTD à 3 et 4 pas; Ce module reconnaît par conséquent le type de RTD (3 ou 4 fils) associé au canal et organise chaque canal pour le mode d'ajustement. Le module donne une excitation de courant par canal. Ce module met en évidence l'alignement et intègre un obstacle à la déconnexion double de la terre de canal à terre pour la sécurité, l'invulnérabilité du bruit et une étendue de tension de mode de base élevée.[Web3].

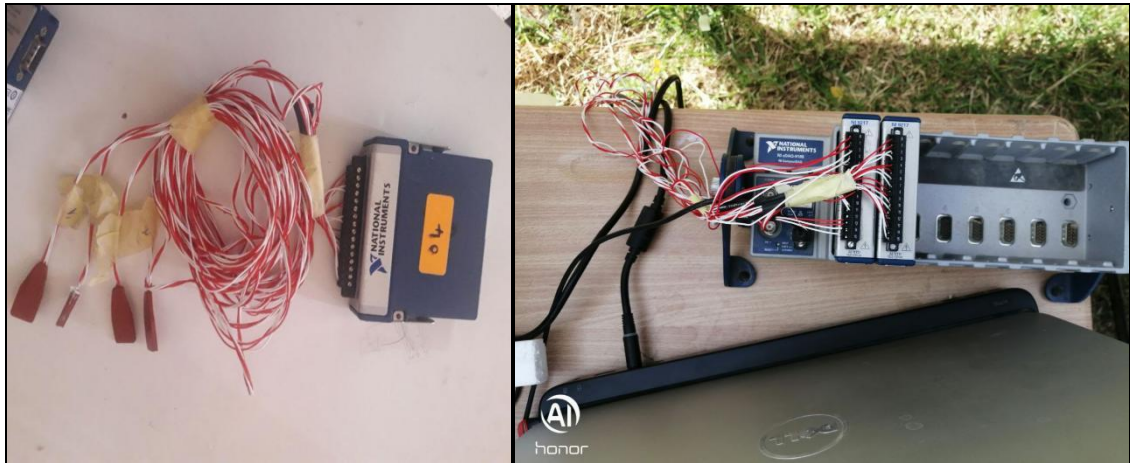


Figure II.9 : les capteurs de températures surfaciques de type NI 9217 utilisés.

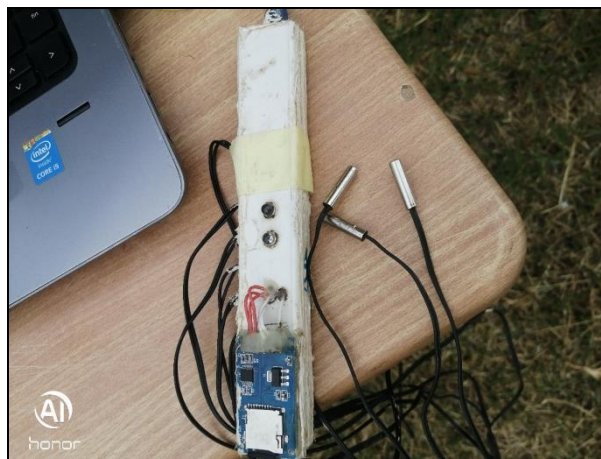


Figure II.10 : Le système d'acquisition de température (de l'année passée).

II.3.2.5 Pyranomètre :

Le pyranomètre de type 4890.20 présenté sur la Figure II.11 est utilisé durant notre étude pour calculer l'irradiance solaire globale reçu sur la surface du panneau photovoltaïque. Le spectre de rayonnement solaire s'étend approximativement de 300 à 2 800 nm. L'appareil est menué avec un affichage numérique pour une lecture directe de l'éclairement énergétique

en watts par mètre carré. Deux douilles de 4 mm sont fournies pour que le signal puisse, si nécessaire, être utilisé par un enregistreur de données. L'appareil est alimenté par une pile 9V.

L'instrument est très facile à utiliser. Il s'allume à l'aide du bouton marche/arrêt, le détecteur de cellules en silicium est orienté dans la direction d'intérêt et l'irradiance globale en watts par mètre carré peut être lue directement sur l'affichage numérique.

Il présente les caractéristiques suivantes[Web4].

- Dimensions : 185 x 108 x 56 mm.
- Alimentation : pile 9V.
- Plage de mesure : 0-1999 W/m².
- Résolution : 1W/m².
- Précision : +/- 5 % de la pleine échelle.

Ce pyranomètre est utilisé cette fois pour remplacer le capteur de lumière LDR (Figure II.12) qui a été utilisé l'année passée parce qu'il ne donnait pas des résultats satisfaisants.



Figure II.11: Pyranomètre de type 4890.20.



Figure II.12 : Le capteur de lumière LDR.

II.4 Méthode de travail :

Dans le but d'étudier l'évolution des températures sur un panneau photovoltaïque, on a réalisé une expérience le 11/04/2022 de 8h51min jusqu'à 13h19min à l'Université de Biskra. Cette expérience consiste à placer quatre sondes de température en haut et quatre sondes de température en bas du panneau photovoltaïque. L'emplacement de ces sondes de température est illustré sur la Figure II.13. Le panneau est placé sur un support métallique à l'air libre suivant une inclinaison bien déterminé (35°), il est met en marche avec les sondes de température et ainsi on enregistre la valeur des huit sondes de température (en bas et en haut) à chaque minute .De même, on enregistre les radiations solaires reçues sur la surface du panneau photovoltaïque, la température ambiante et la vitesse du vent durant notre expérience.

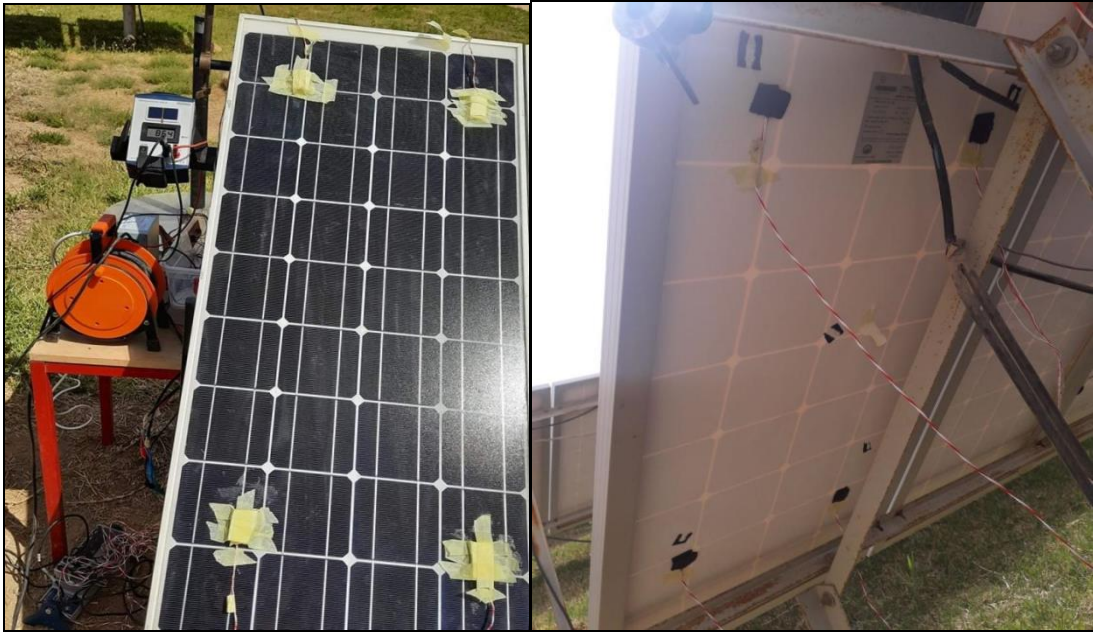


Figure II.13 : Installation des sondes de températures sur le panneau PV en haut et en bas.

II.4.1 Répartition des points sur le panneau :

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

a) Répartition des points en haut du panneau

Les valeurs des températures en haut du panneau photovoltaïque ont été désignées par T_h , on a T_{h1} et T_{h2} , T_{h3} , T_{h4} et comme noté sur la Figure II.14a.

b) Répartition des points (partie bas) :

Les valeurs des températures en bas du panneau photovoltaïque ont été désignées par T_b , on a T_{b1} et T_{b2} , T_{b3} , T_{b4} et comme noté sur la Figure II.14b.

II.5 Comparaison des deux types de capteur de température :

Dans le but de faire une comparaison entre ces deux types des capteurs de température (capteurs surfacique) et (capteurs série TH (ancien capteurs)) sur un panneau photovoltaïque, on a réalisé une expérience le 08/03/2022 de 14h57min jusqu'à 16h15min à l'Université de Biskra. Cette expérience consiste à placer huit sondes de température en haut (quatre sondes de température du capteur surfacique et quatre sondes de température de l'ancien capteur comme noté sur la Figure II.15, Les évolutions des différentes températures sont illustrées sur les Figures II.16, 17,18 et 19 respectivement.

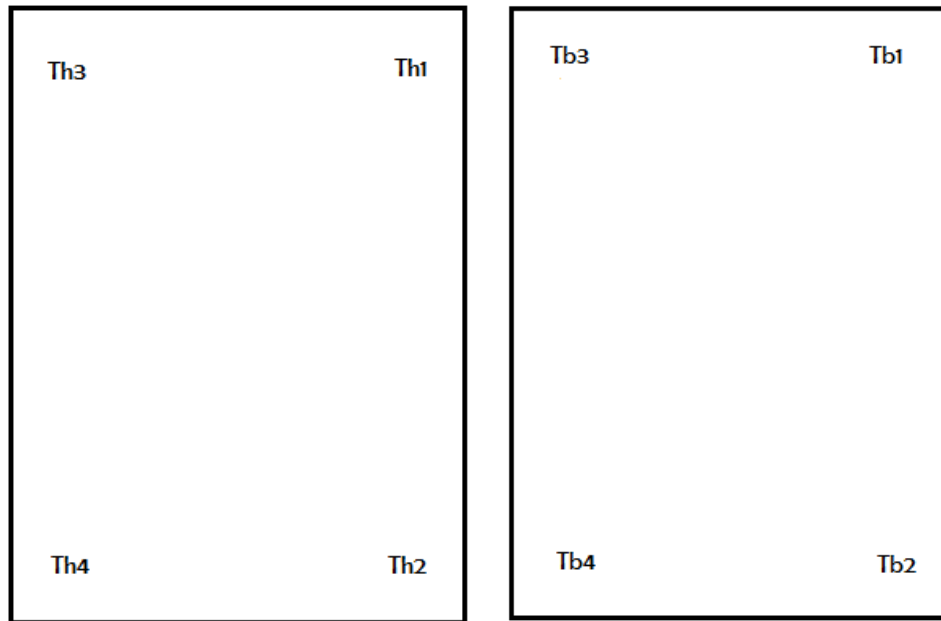


Figure II.14 : La répartition des points;(a) en haut du panneau, (b) en bas du panneau.



Figure II.15 : L'installation des capteurs sur le panneau.

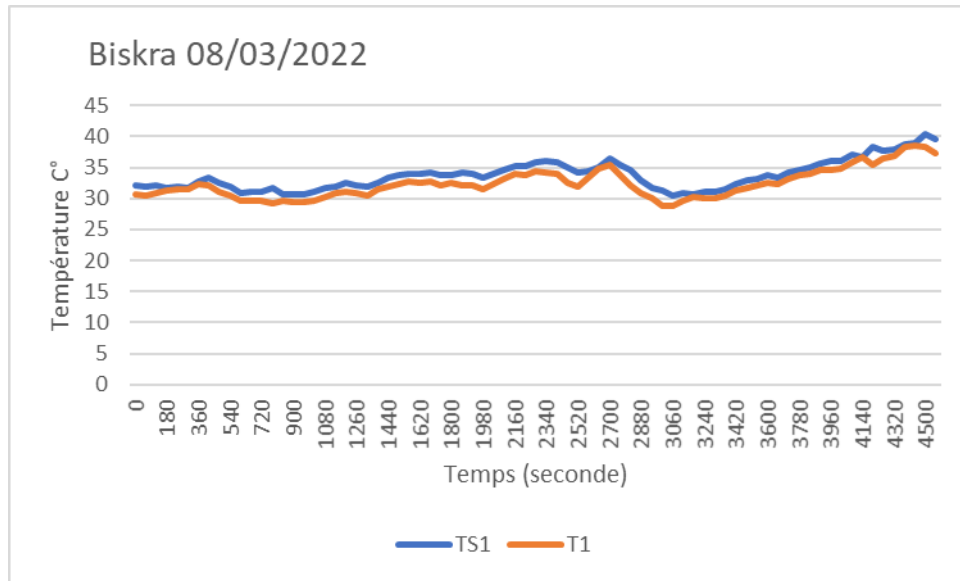


Figure II.16 : Évolution des températures en point 1 (TS1 : la température du capteur surfacique ou l'autre /T1)

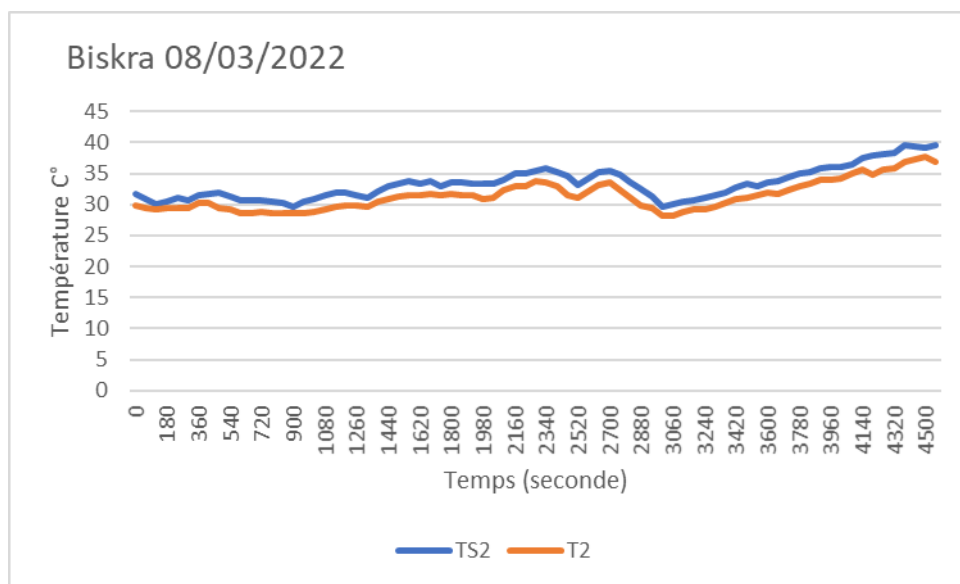


Figure II.17 : Evolution des températures en point 2 (TS2/T2)

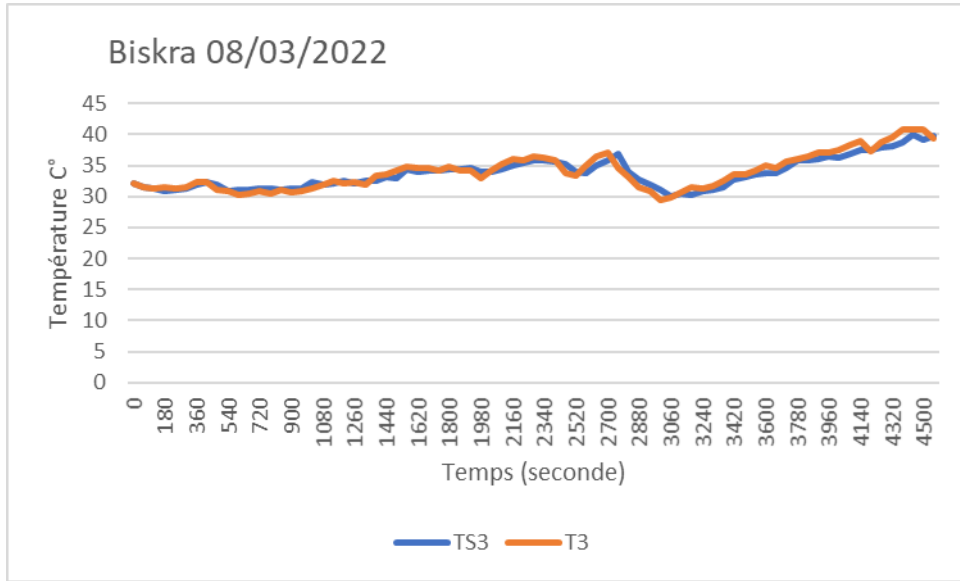


Figure II.18 : Evolution des températures en point 3 (TS3/T3)

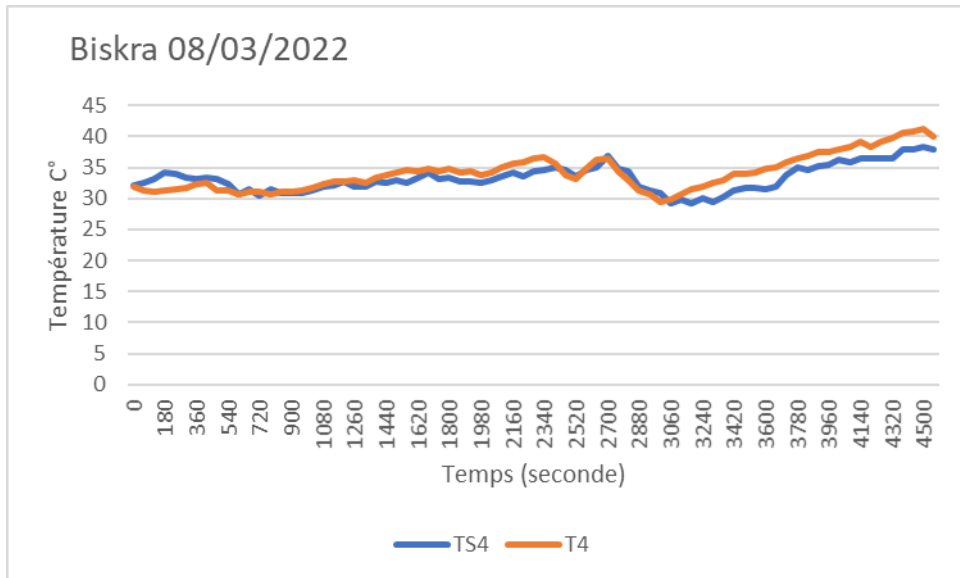


Figure II.19 : Evolution des températures en point 4 (TS4/T4)

On note que la variation de température entre TS1 et T1 peut atteindre la valeur de max 2.834288°C, celle du capteur 2 une valeur de max 3.028514 C° celle de capteur 3 une valeur de max 2.099397 C° et celle du capteur 4 une valeur de max 2.868525 C°

Puisque la variation de température entre les deux capteurs peut atteindre 3.028514°C, il est préférable d'utiliser uniquement les capteurs surfaciques.

Conclusion :

Dans ce deuxième chapitre nous avons montré le matériel et la méthode de travail utilisés dans notre étude sur l'évolution des températures dans un panneau PV (type ALPV85-125M-36). Pour faire cette étude dans les conditions climatiques de la région de Biskra, des expériences ont été réalisées sur un panneau PV (type ALPV85-125M-36) en utilisant un système d'acquisition numérique composé des éléments suivants : .

- Une carte arduino
- Une carte SD
- Un anémomètre
- Un capteur de températures et l'humidité
- Des capteurs de températures
- Le système d'acquisition de température
- Un pyranomètre

Notant qu'on a amélioré ce système d'acquisition on modifiant le type des capteurs de température et le type de capteur des radiations solaires.

Nous avons fait une comparaison entre les deux types des capteurs de température (surfactive / et l'ancien). On a constaté que les capteurs surfactives donnent des résultats plus exactes que le capteur ancien ce qui justifie notre choix d'utiliser les capteurs de température surfactive.

Chapitre III:

Résultats et discussion

Introduction :

Les performances d'un module photovoltaïque dépendent du rayonnement solaire et de la température du module PV. La température du module est fonction des propriétés physiques du module, des coefficients d'échanges thermiques et des paramètres météorologiques (radiations solaires, température ambiante et vitesse du vent).

Dans ce chapitre on présente l'analyse des évolutions des températures sur un panneau PV de type ALPV85-125M-36, en utilisant le système d'acquisition décrit au chapitre 2. Ces résultats sont obtenus lors de l'expérience effectuée le 11/04/2022 à l'université de Biskra.

III.1 Évolution des températures sur le panneau PV :

Dans cette évolution, on s'intéresse à la température en haut du panneau photovoltaïque et à la température en bas du panneau photovoltaïque.

III.1.1 Étude de l'évolution des températures en haut du panneau PV :

L'évolution des températures (Th1, Th2, Th3 et Th4) en haut du panneau photovoltaïque selon les positions décrites au chapitre 2 est illustrée sur la Figure III.1. L'expérience a été effectuée durant 4 h 28 et mins, elle a démarré de 8h et 51 mins et elle est finie à 13h et 19 mins.

On note que toutes les températures (Th1, Th2, Th3 et Th4) suivent la même allure durant toute la durée de l'expérience, elles augmentent en fonction du temps. La température Th1 passe de 28.1°C jusqu'à 50.7°C, la température Th2 de 28.4°C jusqu'à 47.1°C, la température Th3 de 29.3°C jusqu'à 51.8°C et la température Th4 de 27.6°C jusqu'à 49.9°C.

La température moyenne haut présente la moyenne des quatre températures (Th1, Th2, Th3 et Th4), son évolution est illustrée sur la Figure III.1. Elle suit la même allure que les quatre températures, elle passe de 28.4 °C à 49.9 °C.

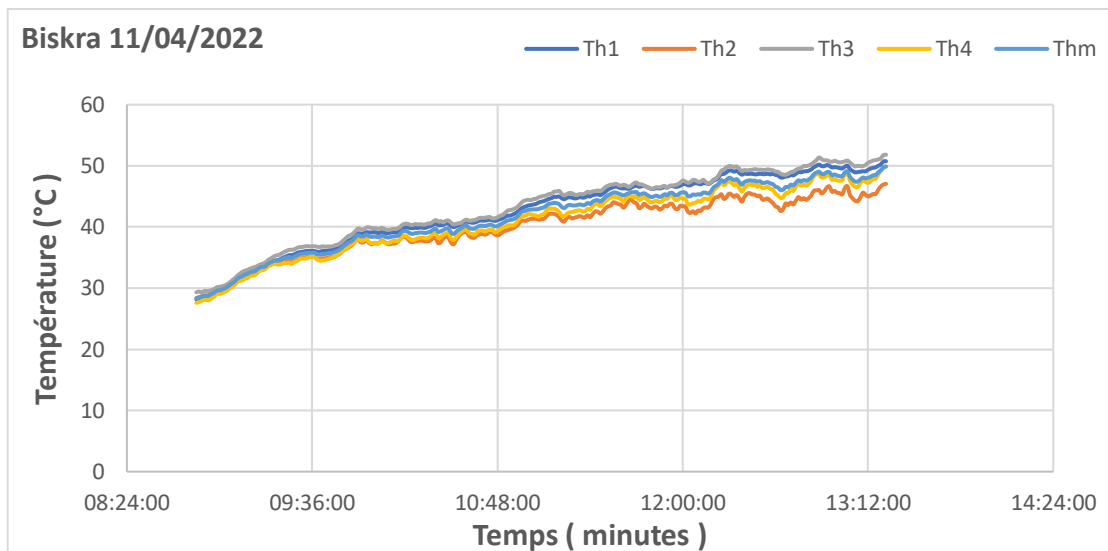


Figure III.1 Évolution de température en haut du panneau PV.

III.1.2 Étude de l'évolution des températures en bas du panneau PV:

L'évolution des températures (Tb1, Tb2, Tb3 et Tb4) en bas du panneau photovoltaïque selon les positions décrites au chapitre 2 est illustrée sur la Figure III.2. L'expérience a été effectuée durant 4 h 28 et mins, elle a démarré de 8h et 51 mins jusqu'à 13h et 19 mins.

On note que toutes les températures (Tb1, Tb2, Tb3 et Tb4) suivent la même allure durant toute la durée de l'expérience, elles augmentent en fonction du temps. La température Tb1 passe de 29°C jusqu'à 51.9°C, la température Tb2 de 29.6°C jusqu'à 53.6°C, la température Tb3 de 29.02°C jusqu'à 52.1°C et la température Tb4 de 29.05°C jusqu'à 52.7°C.

La température moyenne bas présente la moyenne des quatre températures (Tb1, Tb2, Tb3 et Tb4), son évolution est illustrée sur la Figure III.2. Elle suit la même allure que les quatre températures, elle passe de 29.2 °C à 52.6 °C.

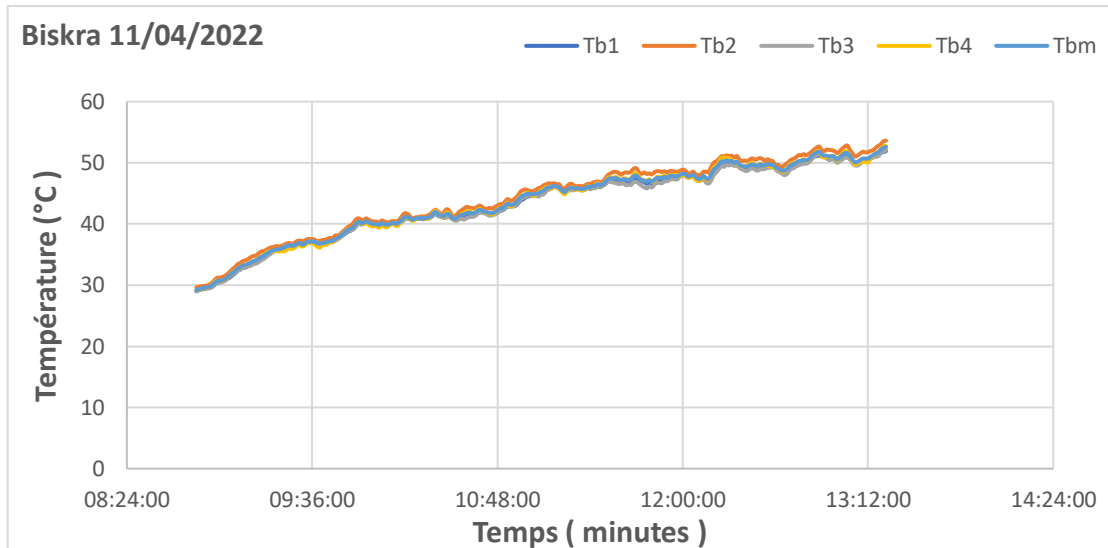


Figure III.2 Évolution de température en bas du panneau PV.

III.2 Comparaison des températures moyennes en haut et en bas du panneau PV:

La température moyenne haute Thm présente la moyenne des quatre températures ($Th1, Th2, Th3$ et $Th4$), elle suit la même allure que les quatre températures, elle passe de 28.4°C à 49.9°C . La température moyenne basse Tbm présente la moyenne des quatre températures ($Tb1, Tb2, Tb3$ et $Tb4$), elle suit la même allure que les quatre températures, elle passe de 29.2°C à 52.6°C . On note également que les températures du panneau en bas sont plus élevées que les températures en haut du panneau.

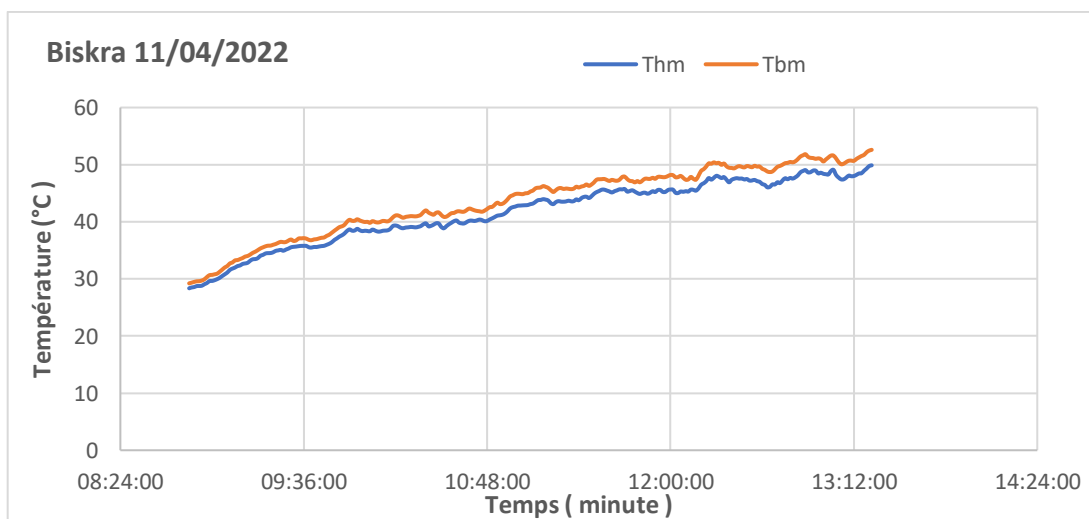


Figure III.3 Évolution des températures moyennes (haute et basse) sur le panneau PV.

III.3 Evolution des température moyennes en bas en fonction des températures moyennes en haut:

L'évolution des températures moyennes en bas du PV en fonction de la température moyennes en haut sur le panneau PV est illustrée sur la Figure III.4. On remarque l'augmentation des température moyennes en bas du panneau PV est reliée à l'augmentation des températures en haut , donc il y a une proportionnalité entre ces températures moyennes en haut et en bas du PV.Ce qui ce traduit mathématiquement par une relation linéaire de la forme suivante :

$$T_{bm} = 1.0873xT_{hm}-1.6558 \quad (III.1)$$

Avec :

T_{bm} : la température moyenne en bas du panneau PV [°C].

T_{hm} : la température moyenne en haut du panneau PV [°C].

Cette équation présente un coefficient de détermination (R^2) de 0.9986.

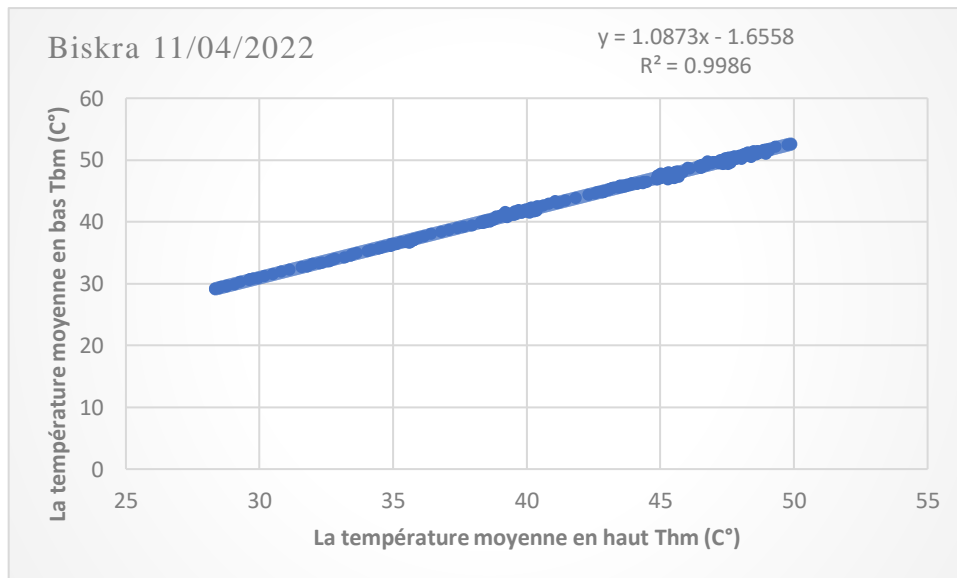


Figure III.4 Évolution des températures moyennes en bas en fonction des températures moyennes en haut.

Remarque :

Les températures enregistrées en bas du panneau PV sont supérieures de celles du haut du panneau PV.

III.4 Effet des conditions climatiques sur la température moyenne en bas du panneau PV:

III.4.1 Effet des radiations solaires sur la température moyenne en bas du panneau :

L'évolution de la température moyenne en bas du panneau PV en fonction des radiations solaires est illustrée sur la Figure III.5. On remarque que l'augmentation des radiations solaires produit une augmentation de la température en bas du panneau PV, donc il y a une relation entre les radiations solaires et la température moyenne en bas du panneau PV. Ce qui se traduit mathématiquement par une relation linéaire de la forme suivante :

$$T_{bm} = 0,0361xG + 12,095 \quad (\text{III.2})$$

Avec :

T_{bm} : la température moyenne en bas du module PV [$^{\circ}\text{C}$].

G : Les radiations solaires [W/m^2].

Cette équation présente un coefficient de détermination (R^2) de 0.9453.

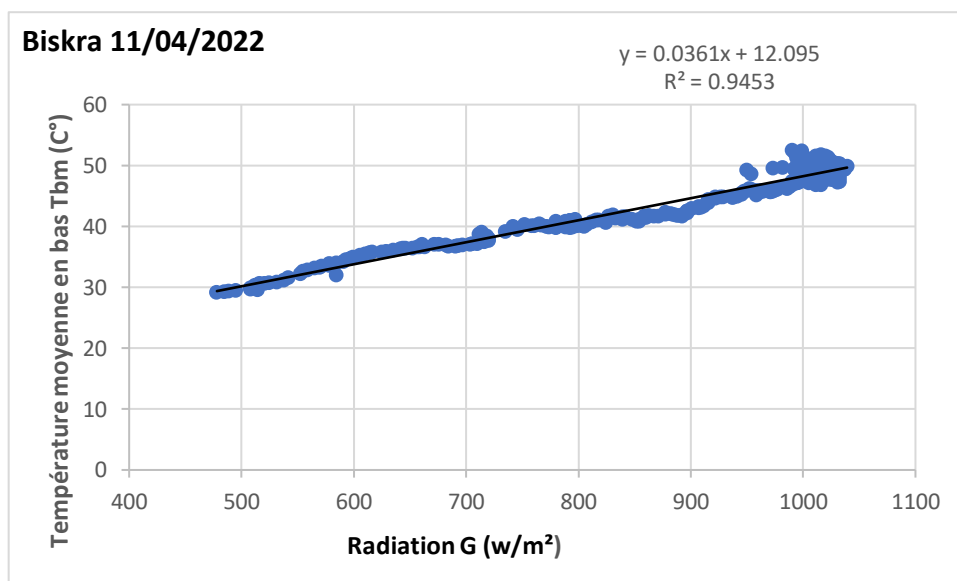


Figure III.5 Évolution de la température de la partie inférieure du panneau PV en fonction du la radiation solaire.

III.4.2 Effet de la température ambiante sur la température moyenne en bas du panneau :

Afin de présenter l'effet de la température ambiante sur la température de moyenne en bas du panneau photovoltaïque, on a tracé l'évolution de la température en bas de panneau PV en fonction de la température ambiante comme noté sur la Figure III.7.

On note que la température en bas du panneau PV suit la même allure que la température de la température ambiante. Une augmentation de la température ambiante provoque une augmentation de la température du module, ce qui se traduit mathématiquement par la relation linéaire suivante :

$$T_{bm} = 1,8xT_a - 3,6575 \quad (\text{III.3})$$

Avec :

T_{bm} : la température moyenne en bas du module PV [$^{\circ}\text{C}$].

T_a : la température ambiante [$^{\circ}\text{C}$].

Cette équation présente un coefficient de détermination (R^2) de 0.9173

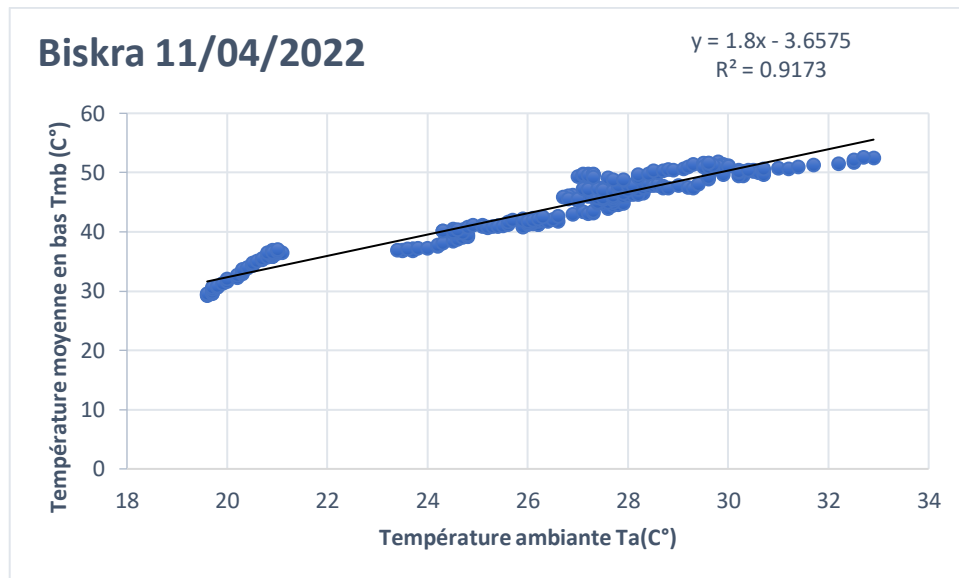


Figure III.6 Evolution de la température de la partie inférieure du PV en fonction de la température ambiante.

III.4.3 Effet de la vitesse du vent sur la température moyenne en bas du panneau :

Afin de présenter l'effet de la vitesse du vent sur la température de la partie inférieure du panneau PV module photovoltaïque, on a tracé l'évolution de la température moyenne en bas du panneau PV (T_{bm}) en fonction de la vitesse du vent (V) et en appliquant la même procédure que les autres paramètres. Cette évolution est illustrée sur la Figure III.7. Une relation mathématique reliant la température moyenne en bas du module PV à la vitesse du vent est donnée par :

$$T_m = 0.2054xV + 42.823 \quad (\text{III.4})$$

Avec :

T_m : la température moyenne en bas du module PV [$^{\circ}\text{C}$].

V : la vitesse du vent [m/s].

Cette équation présente un coefficient de détermination très faible (R^2) de 0.0309. On note dans ce cas, l'effet de la vitesse du vent n'est pas bien illustré, ce qui nécessite une réflexion sur la méthode de détermination de cet effet.

Notant que dans le cas générale, lorsque la vitesse du vent augmente la température du module diminue, donc la vitesse du vent va refroidir le panneau photovoltaïque et ainsi augmenter sa puissance et son efficacité.

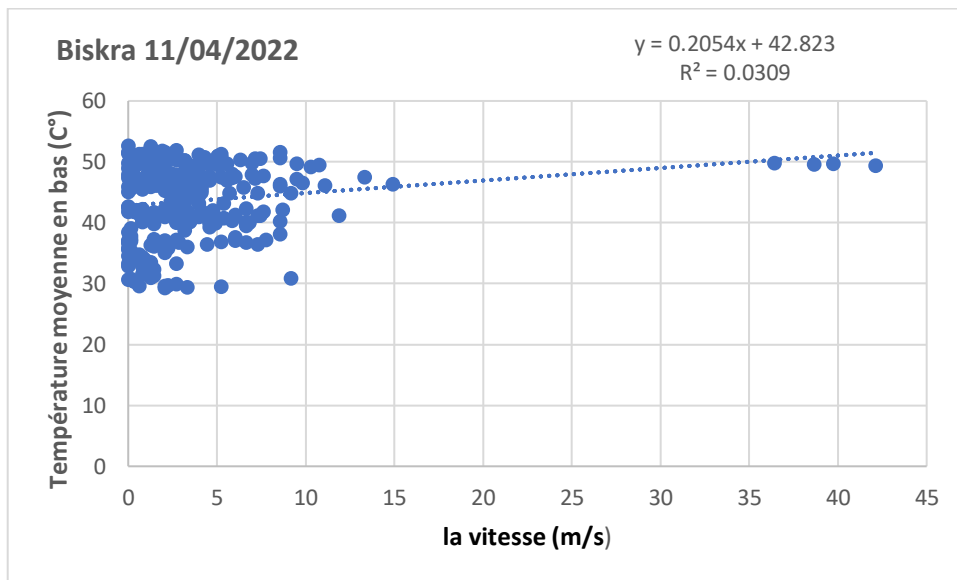


Figure III.7 Evolution de la température de la partie inférieure du panneau PV en fonction du la vitesse du vent.

Conclusion :

L'étude faite le long de ce chapitre nous permet de retenir les points suivants :

- Les valeurs des températures enregistrées en bas du panneau PV sont plus élevées que celles enregistrées sur la partie supérieure, elles suivent une relation linéaire de la forme :

$$T_{bm} = 1.0873xT_{hm} - 1.6558 \quad (R^2=0.999)$$

- La température de bas du panneau PV varie linéairement avec les radiations solaires suivant la relation suivante:

$$T_{bm} = 0,0361xG + 12.095 \quad (R^2=0.95)$$

- La température de bas du panneau PV varie linéairement la température ambiante suivant la relation suivante:

$$T_{bm} = 1,8xT_a - 3,6575 \quad (R^2=0.92)$$

- l'influence de la vitesse du vent n'a pas été concluante dans cette étude.

On peut dire que l'augmentation des radiations solaires et de la température ambiante conduit à l'augmentation de la température du panneau PV, ce qui affecte son rendement et son efficacité.

*Conclusion
générale*

Conclusion générale

Conclusion générale :

L'augmentation du coût des énergies classiques d'une part, et la limitation de leurs ressources d'autre part, font que l'énergie solaire devient de plus en plus une solution attractive parmi les autres énergies renouvelable. L'application photovoltaïque est utilisée pour la production de l'électricité directement en utilisant des centrales photovoltaïques à échelle industriel.

La dégradation de la performance des capteurs photovoltaïques suite à l'augmentation de sa température réside un problème majeur que lance l'industrie à la recherche. C'est dans cette démarche que s'oriente notre étude de projet de fin d'étude. Notre mémoire vise à étudier l'évolution des températures dans un panneau photovoltaïque dans les conditions réelles en utilisant un système d'acquisition conçu à l'université de Biskra que nous avons amélioré en changeant les capteurs de températures en utilisant des capteurs surfaciques et le capteur des radiations solaires en utilisant un pyranomètre de type 4890.20. Ce système est équipé d'une carte Arduino qui permet de mesurer toutes les données (radiations solaire, température ambiante, les températures du capteur PV, la vitesse du vent et l'humidité) chaque une minute et de les stocker d'une une carte mémoire sous forme d'un fichier Excel,

L'étude de l'évolution des températures d'un panneau photovoltaïque de type ALPV85-125M-36 (en haut et en bas) dans les conditions climatiques de la région de Biskra nous a permis de retenir les points suivants :

- Les valeurs des températures enregistrées en bas du panneau PV sont plus élevées que celles enregistrées sur la partie supérieure. Les valeurs moyennes des températures en haut et en bas sont reliées par une relation de la forme :

$$T_{bm} = 1.0873 \times T_{hm} - 1.6558 \quad (R^2=0.999)$$

- La température de bas du panneau PV varie linéairement avec les radiations solaires suivant la relation suivante:

$$T_{bm} = 0,0361 \times G + 12.095 \quad (R^2=0.95)$$

- La température de bas du panneau PV varie linéairement la température ambiante suivant la relation suivante:

$$T_{bm} = 1,8 \times T_a - 3,6575 \quad (R^2=0.92)$$

- l'influence de la vitesse du vent n'a pas été concluante dans cette étude.

Conclusion générale

On peut dire que l'augmentation des radiations solaires et de la température ambiante conduit à l'augmentation de la température du panneau PV, ce qui affecte son rendement et son efficacité.

Comme perspective, on propose de revoir l'effet de la vitesse du vent sur la température du panneau PV et de compléter cette étude par une étude numérique par simulation en utilisant le logiciel ANSYS.

Les références bibliographiques

Les références bibliographiques :

- [1] KHOUDRANE Ismail « Etude d'un système de poursuite solaire pour les panneaux photovoltaïque », Mémoire de master professionnel en Génie Mécanique Université KASDI MERBAH ,Ouargla,2014.
- [2] ANNE LABORET, PASCAL CUMUNEL, BENJAMIN FARAGGI ,JEAN PAUL BRAUN, « Cellules solaires les bases de l'énergie photovoltaïque » 5ème édition ,Edition technique et scientifique française (ETSF),1995.
- [3] FATEH Selma « Modélisation d'un système multi -générateurs photovoltaïque connecté au réseau électrique » , Mémoire de Magister en Université de Ferhat abbas Sétif 2012.
- [4] Mukund, R.P., Wind and solar power systems. Ed CRC Press. New York (1999).
- [5] Labouret, A., M.P. Villos, Energie solaire photovoltaïque: le manuel du professionnel (Série électrotechnique). Ed Dunod. (2003)
- [6] HELLALI Kamelia « Modélisation d'une cellule photovoltaïque Etude comparative », Université Mouloud MAMMERRI Tizi-Ouzou ,2012.
- [7] Alain Ricaud, Convertisseurs photovoltaïques, Novembre 2007.
- [8] M, Dahbi « Etude et optimisation d'une installation Hybride PV-Eolienne», Thèse de Doctorat, Université de Bechar, 2007.
- [9] YASSAAD Abdelbaki « Etude de dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour le pompage d'eau », Mémoire de Master en Génie Mécanique Université de EIIBRAHIMI BBA 2013 .
- [10] LIMAM Amine , SOUKANE Samir « Etude et modélisation d'un système photovoltaïque autonome » Université de Mouloud MAMERRI Tizi-Ouzou 2012.
- [11] BELABED Rafik « Etude et dimensionnement d'un installation photovoltaïque », Mémoire de Master en Génie Mécanique , Université de Mouloud MAMERRI Tizi-Ouzou 2017.
- [12] LADJALI Sommia « Commande d'un système photovoltaïque application soudage à l'arc », Université Khemiss Meliana 2020.
- [13] Alain Ricaud «Système PV», Polytech'Savoie 5ème année ,Octobre 2011
- [14] HADDAD AZZEDDINE « Contribution à étude de la répartition spatiale de la végétation spontanée de la région de Biskra » ,Mémoire de Magister en Sciences

Les références bibliographiques

agronomiques, Université de Biskra .

[15] (O.N.M., Biskra ; 2010).

[16] D.BOUBAYA, S.BOUREZG, « Etude de la dégradation d'un panneau photovoltaïque »,Mémoire de Master en Génie Mécanique, Université de M'sila 2019/2020.

[17] O.ACHOUR, A.BOUTCHICHA , « Etude thermique d'un capteur photovoltaïque »,Mémoire de Master en Génie Mécanique, Université de M'sila 2020/2021.

[18] Seltzer, 1946.

[19] khechai, 2006.

web1 https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Liste_des_wilayas_d%27Alg%C3%A9rie

web2<https://fr.weatherspark.com/y/51506/M%C3%A9t%C3%A9o-moyenne-%C3%A0-Biskra-Alg%C3%A9rie-tout-au-long-de-l'ann%C3%A9e>

web3 https://www.apexwaves.com/modular-systems/national-instruments/c-series/NI-9217?gclid=Cj0KCQjwhLKUBhDiARIsAMaTLnEpu7IqRJGKPfOoAw6Aww9xifYLwwiGWtFBvGS1I5SsHpKuZz0GJvkaAh3dEALw_wcB

web 4 https://www.djb.co.uk/ppen_pyranometer.html

Résumé

Résumé:

L'étude de l'évolution des températures dans un panneau photovoltaïque de type (ALPV85-125M-36) dans les conditions climatiques de Biskra en utilisant un système en utilisant un système d'acquisition conçu à l'université de Biskra que nous avons amélioré. Les résultats expérimentaux révèlent que la température du module PV est affectée par les radiations solaires et la température ambiante selon les formes suivantes:

$T_{bm} = 0,0361 \times G + 12,095$ ($R^2=0,95$), $T_{bm} = 1,8 \times T_a - 3,6575$ ($R^2=0,92$). Notant que l'effet de la vitesse du vent n'a pas été concluant dans cette étude.

Mots clés : photovoltaïque, système d'acquisition, radiation solaires, température ambiante, vitesse du vent.

ملخص:

دراسة تطور درجات الحرارة في نوع الألواح الكهروضوئية (ALPV85-125M-36) في الظروف المناخية بسكرة باستخدام نظام باستخدام نظام اقتناء مصمم في جامعة بسكرة قمنا بتحسينه. كشفت النتائج التجريبية أن درجة حرارة الوحدة الكهروضوئية تتأثر بالإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة المحيطة وفق الأشكال التالية:

$$T_{bm} = 0,0361 \times G + 12,095 \text{ (} R^2=0,95 \text{)}, T_{bm} = 1,8 \times T_a - 3,6575 \text{ (} R^2=0,92 \text{)}.$$

مع ملاحظة أن تأثير سرعة الرياح لم يكن حاسماً في هذه الدراسة.

الكلمات المفتاحية: الكهروضوئية، نظام الاقتناء، الإشعاع الشمسي، درجة الحرارة المحيطة، سرعة الرياح.