

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



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Énergies renouvelables

Spécialité : Énergies renouvelables en mécanique

Thème

**L'influence de système poursuite sur
le panneau solaire**

Devant le jury composé de :

MANSOURI Khaled
REGOUTA Med Seghir
BOUSBIA Seif eddine

Président
Examineur
Encadreur

Présenté par :

 MEGUERHI Omar
 GUESSOUMA Abdellah

2017-2018

Remerciement

Nous tenons à remercier en premier lieu ALLAH, le tout puissant, qui nous a donné le courage et la volonté pour bien mener ce modeste travail. Ainsi, nous remercions notre Encadreur

Mr:BOUSBIA Seifeddine pour son soin exceptionnel et conseils judicieux et Mr: HAMZA Dellabani et Dr :Regouta med seghir

Nous remercions Tous les enseignants du notre département, qui ont assurés notre formation durant tout cycle d'étude. Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidé à accomplir notre travail, de près comme de loin.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ceux qui sont la source de

Mon inspiration et mon courage.

A ma très cher mère, qui ma donne toujours l'espoir de

vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher père, pour ses encouragements et son soutien,

*Et surtout pour son sacrifice afin que rien n'entrave le
déroulement de mes études.*

A ma très chère femme et mes chers enfants.

A mes chers frères

A mes sœurs

Atouts mes amis

OMAR

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à ceux qui sont la source de Mon
inspiration et mon courage.*

*A ma très cher mère, qui ma donne toujours l'espoir de
vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*A mon très cher père, pour ses encouragements et son soutien,
Et surtout pour son sacrifice afin que rien n'entrave le
déroulement de mes études.*

A ma très chère femme et mes chers enfants.

A mes chers frères

A mes sœurs

Atouts mes amis

ABDELLAH

SOMMAIRE

Sommaire

Liste des figures

Nomenclature

Introduction Générale1

Chapitre I.....Généralité sur les énergies renouvelable

I.1 Introduction2

I.2 Répartition des sources primaires d'énergie dans le monde2

I.3- Energies renouvelables3

I.3.1- Qu'est-ce qu'une énergie ?3

I.3.2- Définition3

I.3.3- Classement des sources d'énergie.....4

I.3.4- L'énergie renouvelable dans le monde.....4

I.3.5- Les énergies renouvelables en Algérie5

I.4- Principales énergies renouvelables.....6

I.4.1- Energies solaire.....6

I.4.1.1- Définition6

A-Energie solaire thermique.....8

B-Photovoltaïque.....9

I.4.1.2- Energie solaire en Algérie.....9

I.4.2- Energie géothermique.....10

I.4.2.1- Définition.....10

I.4.2.2- Energie géothermique en Algérie.....11

I.4.3- Biomasse.....11

I.4.3.1- Définition.....11

I.4.3.2- La Biomasse en Algérie.....12

I.4.4-Hydroélectrique.....13

I.4.4.1- Définition.....13

I.4.4.2- Energie Hydraulique en Algérie.....13

I.4.5- Energie des vagues (marémotrice)14

I.4.5.1- Définition.....14

I.4.6- Energie éolienne.....14

I.4.6.1- Définition.....14

I.4.6.2-Energie éolienne en Algérie.....	15
I.5-Conclusion.....	16
Chapitre II.....Le Système Photovoltaïque	
II.1 Introduction	17
II.2- Aspects théoriques du photovoltaïque	17
II .2.1- Définition du photovoltaïque	17
II.2.2- Histoire de la technologie photovoltaïque	17
II .2.3- Fonctionnement de la technologie photovoltaïque.....	18
II.3 Modèle D'une Cellule Solaire Idéale.....	21
II .4 Modèle d'une cellule solaire réelle.....	21
II .4.1 - Modèle à une diode (à une seule exponentielle).....	21
II .5 Caractéristique d'un GPV élémentaire.....	22
II .6 Les différents types de cellules.....	24
II.6.1 Cellule PV en silicium monocristallin (1ère génération)	24
II.6.2 Cellule PV en silicium multi- cristallin ou poly -cristallin (1ère génération).....	24
II.6.3 Cellule PV tandem (1ère génération).....	25
II.6.4 Cellule PV en silicium amorphe (2ème génération).....	25
II.6.5 Cellule photovoltaïque CIGS (2ème génération).....	25
II.6.6 Cellule PV organique (3ème génération).....	26
II.6.7 Cellule PV multi-jonction (3ème génération).....	26
II.7 - Systèmes PV à concentration.....	27
II.8 - Le rendement d'un panneau PV.....	27
II.8.1- Puissance produite.....	27
II.8.2- Positionnement.....	28
II.8.3- Positionnement (angle d'inclinaison).....	28
II.9 – Avantage et Inconvénients des systèmes PV.....	30
II.9.1-Avantage.....	30
II.9.2- Inconvénients.....	30
II.10- Conclusion.....	31
Chapitre IIIDescription de suiveur solaire	
III.1 Introduction.....	32
III.2 Partie matérielle.....	32

III.2.1 Etude des différents composants.....	32
III.2.1.1 Les capteurs de lumière.....	32
III.2.1.2 les suiveurs.....	33
a) Suiveur mono-axe	33
b) Suiveur double axe.....	33
III.2.1.3 Le circuit de commande.....	33
III.2.1.4 la carte Arduino.....	33
III.2.1.4.1 Arduino uno.....	34
III.2.1.5 Le servomoteur.....	34
III.3 Partie conception.....	35
III.3.1.1 Partie programmation.....	35
III.3.1.2 Définition de logiciel Arduino.....	35
III.3.2 Partie électrique.....	35
III.3.3 Partie mécanique.....	37
III.3.4 Orientation de l'axe horizontal (élévation) et l'axe vertical (l'azimute)	37
Chapitre IV.....Réalisation de système poursuit et leur influence sur le panneau	
IV.1- Introduction.....	38
IV.2- Partie réalisation	38
IV.2.1- Méthodologie de réalisation de poursuit	38
IV.2.1.1- Les différents composants de poursuit	39
IV.2.1.1.1- Les capteurs de lumière.....	39
IV.2.1.1.2- La carte Arduino.....	39
IV.2.1.1.3- Moteur DC	40
IV.2.2- Partie conception.....	40
IV.2.2.1- programmation de carte Arduino.....	40
IV.2.3- Partie électrique.....	40
IV.3- Partie comparative.....	41
IV.3.1- Spécification de la région d'El oued	41
IV.3.1.1- Présentation du site	41
IV.3.1.2- L'installation.....	41
IV.3.1.3 -Résultat de panneau fixe.....	44
IV.3.1.4 -Résultat de panneau mobile.....	45

IV.3.1.5 -Combiner les planificateurs pour clarifier la différence de rendement.....	46
IV.4-Conclusion.....	46
Conclusion Général.....	47

LISTE DE FIGURES

Figure (I-1) Répartition des sources primaires d'énergie dans le monde (2004).....	03
Figure (I-2) Consommation d'énergie des pays développés (2004).....	04
Figure (I-3) Bilan des réalisations par wilaya en Algérie (2007).....	06
Figure (I-4) Spectre d'irradiance solaire.....	07
Figure (I-5) Solaire thermodynamique a gauche et Tour solaire a droite	08
Figure (I.6) Exemple sur les différents panneaux solaires (a) est un Champ solaire et (b) des panneaux solaires.....	09
Figure (I-7) Irradiation solaire globale reçue sur plan incliné	10
Figure (I-8) Deux exemples sur l'utilisation de la géothermique.....	11
Figure (I-9) Exemple des sources d'énergie biomasse.....	12
Figure (I-10) Exemple du principe d'une centrale hydraulique.....	13
Figure (I-11) Parc de production hydroélectrique en Algérie (2007.....	13
Figure (I-12) Usine marémotrice de Rance-France 240MW.....	14
Figure (I.13) Les trois utilisations de l'énergie éolienne.....	15
Figure (II 1) Les bandes d'énergie.....	18
Figure (II -2) Les différents types de dopages.....	19
Figure (II -3) Jonction p-n.....	20
Figure (II -4) Schéma récapitulative.....	20
Figure (II -5) schéma idéale d'une cellule photovoltaïque.....	21
Figure (II -6) schéma équivalent d'une cellule solaire.....	21
Figure (II -7) caractéristique I (V) et P (V) à T=25°C et E=1000W/m ²	22
Figure (II -8) Les différentes zones de fonctionnement d'un module photovoltaïque.....	23
Figure (II -9) Module poly cristallin (à gauche) & monocristallin (à droite)	24
Figure (II -10) Module en silicium amorphe	25
Figure (II -11) Cellule CIGS.....	25
Figure (II -12) Cellule organique.....	26
Figure (II -13) Modules multi-jonctions.....	27
Figure (II -14) Dépendance des performances d'un panneau PV de l'angle β	28
Figure (II -15) Représentation de l'angle d'inclinaison θ	28
Figure (II -16) Représentation des équinoxes et solstices et l'inclinaison de l'axe de rotation de La terre par rapport à son plan de translation autour du soleil	29

Figure (III -1) Photo – Photorésistance LDR.....	32
Figure (III -2) Schéma du prototype des quatre capteurs LDRs.....	33
Figure (III -3) La carte Arduino uno.....	34
Figure (III -4) Le Servomoteur.....	35
Figure (III -5) l’interface de logiciel Arduino.....	36
Figure (III -6) Schéma de fonctionnement du suiveur.....	37
Figure (IV-1) Les Composants globale de poursuit.....	38
Figure (IV-2) Les 04 capteurs de lumière.....	39
Figure (IV-3) La carte Arduino.....	39
Figure (IV-4) Les 02 moteur DC.....	40
Figure (IV-5) l'interface de logiciel Arduino et leur Installation.....	40
Figure (IV-6) Zone d'El oued.....	41
Figure (IV-7) les deux panneaux avec leur Plaque signalétique.....	42
Figure (IV-8) l'ampèremètre +voltmètre +la résistance variable.....	42
Figure (IV-9) Les positions des panneaux solaires Pendant les mesures.....	43
Figure (IV-10) Rendement de Panneau Fixe.....	44
Figure (IV-11) Rendement de Panneau Mobile.....	45
Figure (IV-12) Comparaison entre 02 panneaux.....	46

Nomenclature

Symbole	Définition	Unité
PV	Photovoltaïque	
LDR	Résistance dépendant de la lumière	
I	Courant fourni par la cellule.	[A]
I_{ph}	Photocourant dépendant de l'éclairement	[A]
I_p	Courant dérivé par la résistance parallèle.	[A]
I_{mp}	Le courant maximal sous conditions standards	[A]
V_{mp}	La tension maximale du module sous conditions standards	[V]
P_m	La puissance maximale produite PV	[W]
I_d	Courant traversant la diode.	[A]
I_0	Courant de saturation inverse d'une diode.	[A]
V	Tension à la borne de cellule	[V]
V_T	Tension thermique	[V]
e	Charge d'électron (1.602×10^{-19}).	[C]
K	Constante de Boltzmann ($1,381 \times 10^{-23}$).	[J/K]
θ	Angle d'incident	[°]
R_{sh}	Résistances shunt.	(Ohm)
R_s	Résistance série	(Ohm)

Introduction Générale

La production d'énergie est un défi de grande importance pour les années à venir. En effet, les besoins énergétiques des sociétés industrialisées ne cessent d'augmenter. Par ailleurs, les pays en voie de développement auront besoin de plus en plus d'énergie pour mener à bien leur développement. De nos jours, une grande partie de la production mondiale d'énergie est assurée à partir de sources fossiles. La consommation de ces sources donne lieu à des émissions de gaz à effet de serre et donc une augmentation de la pollution. Le danger supplémentaire est qu'une consommation excessive du stock de ressources naturelles réduit les réserves de ce type d'énergie de façon dangereuse pour les générations futures. [1]

Le nôtre a pour but étude d'une innovation technologique. En effet, face aux prévisions d'épuisement inévitable des ressources en énergie fossile, comme le pétrole ou le gaz, le travail est intéressé aux énergies dites « renouvelables ». Le soleil, le vent, l'eau et encore bien d'autres, sont capables de générer de l'énergie grâce aux technologies développées par des scientifiques. Dans ce projet nous allons nous intéresser au soleil, et plus particulièrement aux panneaux photovoltaïques. De nouvelles technologies se sont développées dans ce domaine, c'est pourquoi nous avons dû étudier les traqueurs photovoltaïques.

Au premier chapitre, on s'intéresse de généralité sur les Energies renouvelables. Le second chapitre se représente la description de système photovoltaïque.

Dans le troisième chapitre, on étudie le système de traqueurs solaire. Puis dans un dernier chapitre nous réaliserons des études et comparaisons entre les installations classiques et les traqueurs solaires.

Enfin, nous terminons cette étude par une conclusion générale qui résume les travaux réalisés.

Chapitre I

Généralité sur les énergies renouvelable

I.1 Introduction

La consommation d'énergie, au cours du dernier siècle, considérablement augmentée à cause de l'industrialisation massive. Les prévisions des besoins en énergie pour les années à venir ne font que confirmer, voire amplifier, cette tendance, notamment compte tenu de l'évolution démographique et du développement de certaines zones géographiques, en Asie en particulier.

D'une part, les gisements des ressources énergétiques traditionnelles, d'origines principalement fossiles, ne peuvent être exploités que pour quelques décennies, ce qui laisse présager d'une situation de pénurie énergétique au niveau mondial de façon imminente. D'autre part, les déchets des centrales nucléaires posent d'autres problèmes en termes de pollution des déchets radioactifs, du démantèlement prochain des vieilles centrales et du risque industriel.

Pour subvenir aux besoins en énergie de la société actuelle, il est nécessaire de trouver des solutions adaptées et de les diversifier. Actuellement, il y a principalement deux façons possibles d'agir [2].

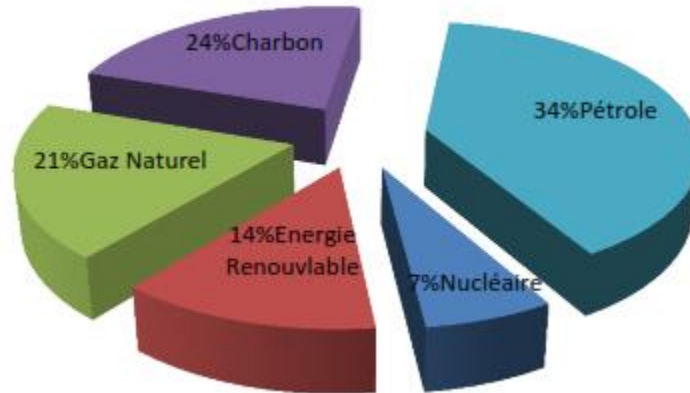
- La première est de diminuer la consommation des récepteurs d'énergie et augmenter la productivité des centrales énergétiques en améliorant respectivement leur efficacité.
- Une deuxième méthode, nous disposons de ressources en énergie renouvelable inépuisables, que nous sommes en mesure d'exploiter de plus en plus facilement et proprement. Par exemple, le bois, la biomasse, l'énergie hydraulique, l'énergie marémotrice, l'énergie éolienne, l'énergie solaire.

Dans ce premier chapitre nous commencerons par définir les énergies renouvelables, leur importances, leurs avantages et inconvénients, leurs capacités de compenser les énergies non renouvelables (charbon, gaz, pétrole, nucléaire, etc...).

I.2- Répartition des sources primaires d'énergie dans le monde

Aujourd'hui plus de 85% de l'énergie produite est obtenue à partir des matières fossiles comme le pétrole, le charbon, le gaz naturel ou de l'énergie nucléaire. La figure I.1 montre la répartition en termes d'énergie primaire dans le monde pour toutes les ressources actuelles.

Les formes de production d'énergie non renouvelables engendrent une forte pollution environnementale par rejet des gaz à effet de serre qui provoque un changement climatique irréversible ou dans le cas du nucléaire une pollution par radiations de longue durée qui pose le problème, aujourd'hui on résolu, du stockage des déchets radioactifs [3].



Figure(I.1) : Répartition des sources primaires d'énergie dans le monde (2004).

I.3- Energies renouvelables

I.3.1- Qu'est-ce qu'une énergie ?

L'énergie est une grandeur caractérisant un système et exprimant sa capacité à modifier l'état d'autres systèmes. L'énergie se manifeste sous de nombreuses formes (énergie électrique, mécanique, cinétique...). La conservation de l'énergie de l'univers implique que celle-ci n'est ni perdue ni créée. En revanche, si on considère un système contenu dans l'univers, si ce système perd de l'énergie, cette énergie perdue se retrouve dans un ou plusieurs autres systèmes, sous la même forme ou sous d'autres formes.

Cette propriété fondamentale de l'énergie, permet à l'homme de la capter, parfois de la stocker, et de la convertir en une forme plus appropriée à son utilisation. Par exemple, l'énergie cinétique de l'eau est transformée en énergie électrique grâce aux centrales hydrauliques.

I.3.2- Définition

On considère comme renouvelable, toute source d'énergie qui se renouvelle assez rapidement pour être considérée comme inépuisable (d'où son nom).

Les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels réguliers ou constants provoqués principalement par le Soleil (l'énergie solaire mais aussi hydraulique, éolienne et biomasse...), la lune (énergie marémotrice, certains courants : énergie hydrolienne...) et la Terre (géothermique profonde...).

Les sources d'énergie renouvelables sont :

- ✓ Le vent : éolienne
- ✓ Le soleil : thermique, photovoltaïque, thermodynamique

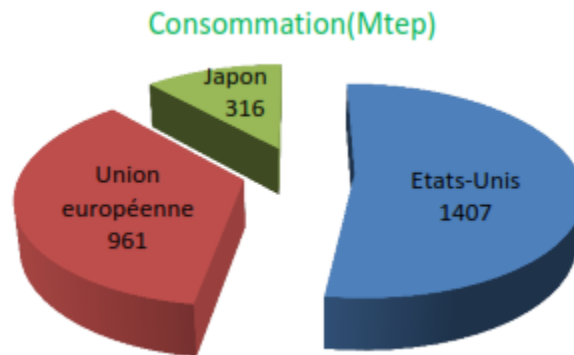
- ✓ La chaleur terrestre : géothermie
- ✓ L'eau : hydroélectrique, marémotrice
- ✓ La biodégradation : biomasse, le biocarburant.

I.3.3- Classement des sources d'énergie

Les différentes sources d'énergie peuvent être classées selon leur capacité calorifique : c'est pourquoi on les convertit en tonnes équivalent pétrole (tep). Par exemple, 1kg de pétrole produit 10000 kilocalories (kca), alors que la même masse de charbon cède 1000 kcals et que 1kg de gaz naturel fournit environ 8000 kcal. La tonne équivalente pétrole (tep) est l'unité permettant de comparer les sources d'énergie au pétrole brut. Par convention, 1 t de pétrole correspond à 1,5 t de charbon ou à 1000 m³ de gaz naturel. On estime que 1 tep=4500kWh.

I.3.4- L'énergie renouvelable dans le monde.

Les deux tiers de la consommation de la planète concernaient un peu moins de 20% de la population mondiale. Les Etats-Unis consommaient 1407 (fig. I.2).



Figure(I.2) : Consommation d'énergie des pays développés (2004).

En Europe, l'Allemagne consommait 243 Mtep, la France et la Grande Bretagne 152 Mtep, l'Italie 122 et l'Espagne 63 Mtep, la France utilise 79 Mtep par an. La production française annuelle s'élève à 450,6 Téra wattheures (TWh), dont elle en consomme 356,2 TWh. Les Etats-Unis produisant 3211 TWh et en consomment 2873,9 TWh ; en seconde position vient le Japon, qui en produit 855,5 TWh et en consomme 796,6 TWh ; ensuite le Canada, dont la production atteint les 515,8 TWh et la consommation, 431,4 TWh. En quatrième position se situe l'Allemagne, avec une production de 487,7 TWh et une consommation de 467,2 TWh, l'Algérie produit 30 TWh et en consomme 23 TWh, ces statistiques sont représentées sur le tableau (tableau I.1). [4]

Tableau I.1 La production et la consommation de l'énergie des pays industrialisés (2004).

Pays	Production (TWh)	Consommation (TWh)
Etats-Unis	3211	2873.9
Japon	855.5	796.6
Canada	515.8	431.4
Allemagne	487.7	467.2
France	450.6	356.2
Algérie	30	23

D'après certains spécialistes, en 2000, le potentiel annuel d'énergies renouvelables était de 3365 Mtep (mégatonnes équivalent pétrole) pour le monde entier, dont près de 1650 Mtep provenant du bois, 880 Mtep de l'énergie hydraulique, 505 Mtep, des déchets industriels, 200 Mtep en énergie solaire, 70 Mtep en combustibles énergétiques et 60 Mtep en énergie éolienne [5].

I.3.5- Les énergies renouvelables en Algérie

Dans notre pays, les énergies renouvelables n'ont pas connu le développement qui permet leur disponibilité, et qu'impose leur importance pour le développement économique et social.

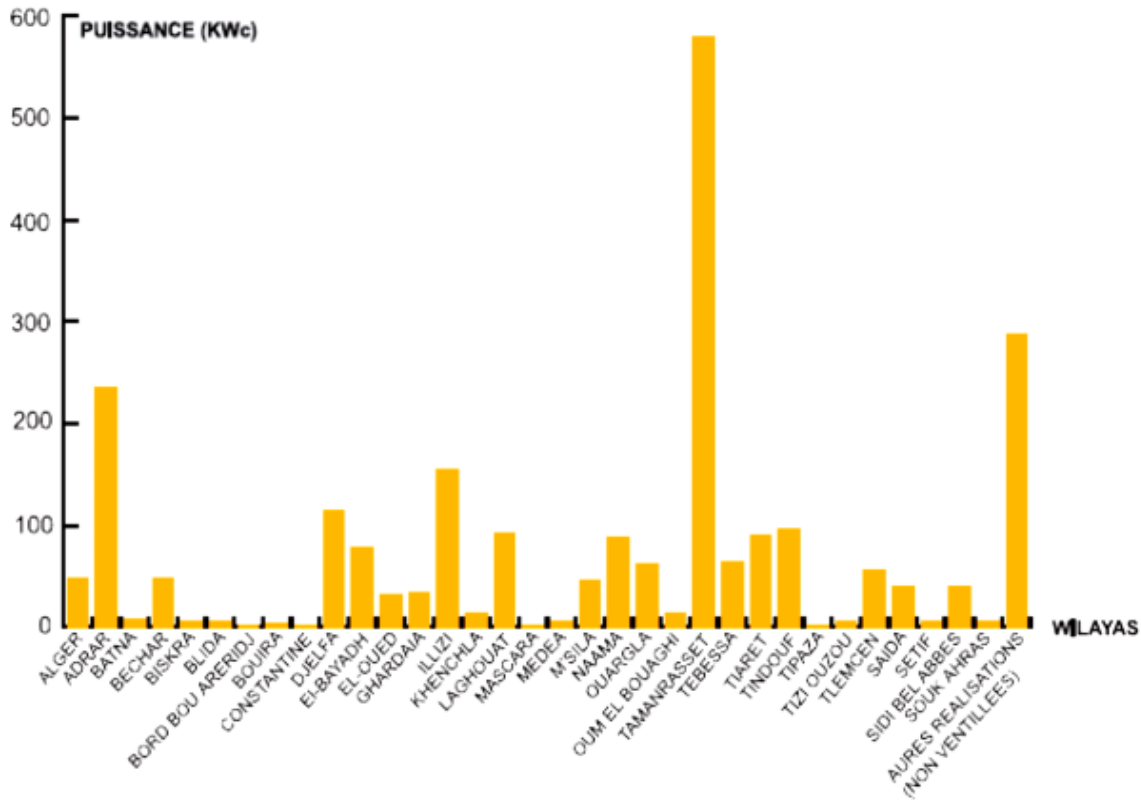
Trois raisons principales plaident en faveur d'un développement des énergies renouvelables en Algérie :

- 1- Elles constituent une solution économiquement viable pour fournir des services énergétiques aux populations rurales isolées notamment dans les régions du Grand Sud.
- 2- Elles permettent un développement durable du fait de leur caractère inépuisable, et de leur impact limité sur l'environnement.
- 3- La valorisation de ces ressources énergétiques ne peut qu'avoir des retombées positives en matière d'équilibre régional et de création d'emplois.

La loi sur la maîtrise de l'énergie de juillet 1999 affiche la volonté des pouvoirs publics pour une redynamisation de la politique énergétique et fixe un nouveau cadre juridique pour la gestion et l'organisation de la demande d'énergie à tous les niveaux de la chaîne énergétique.

Cette politique énergétique s'articule autour des préoccupations d'utilisation rationnelle de l'énergie, de promotion des énergies renouvelables et de protection de l'environnement, ainsi plusieurs actions sont proposées pour la mettre en place et portent sur l'ensemble de la chaîne allant de la recherche la distribution.

La figure I.3, représente le bilan des réalisations dans le domaine des énergies renouvelables par wilaya en Algérie [6].



Figure(I.3) : Bilan des réalisations par wilaya en Algérie (2007).

I.4- Principales énergies renouvelables

I.4.1- Energies solaire

I.4.1.1- Définition

Le soleil est une gigantesque source d'énergie et depuis l'antiquité les hommes ont toujours rêvé d'appriivoiser sa puissance, la terre reçoit du soleil, environ 10000 fois la quantité totale d'énergie consommée par l'ensemble de l'humanité (équivalent à une puissance de 16.1015 kWh/m²et par an). En d'autres termes, si on capté 0.01% de cette énergie nous permettrait de nous passer du pétrole, du gaz, du charbon et de l'uranium.

La distance de la terre au soleil est environ 150 million de kilomètres et la vitesse de la lumière est d'un peu plus de 300000 km/h, les rayons du soleil mettent donc environ 8 minutes à nous parvenir. La constante solaire est la densité d'énergie solaire qui atteint la frontière externe de l'atmosphère faisant face au soleil. Sa valeur est communément prise égale à 1360W/m². Au

niveau du sol, la densité d'énergie solaire est réduite à 1000 W/m^2 à cause de l'absorption dans l'atmosphère. Albert Einstein a découvert en travaillant sur l'effet photoélectrique que la lumière n'avait pas qu'un caractère ondulatoire, mais que son énergie est portée par des particules, les photons. L'énergie d'un photon étant donnée par la relation :

$$E = h c / \lambda \quad (\text{I. 1})$$

Ainsi, plus la longueur d'onde est courte, plus l'énergie du photon est grande. [7]

Une façon commode d'exprimer cette énergie est :

$$E = \frac{1.26}{\lambda} \quad (\text{I. 2})$$

Le rayonnement du soleil parvenant à la surface de la terre se compose de l'infrarouge qui procure de la chaleur, le visible qui est nécessaire à la croissance des plantes et des animaux, l'ultraviolet qui brunit la peau et tue les bactéries. Le spectre du soleil s'étend de 200 nm à 3000 nm tel que montré à la figure I.4.

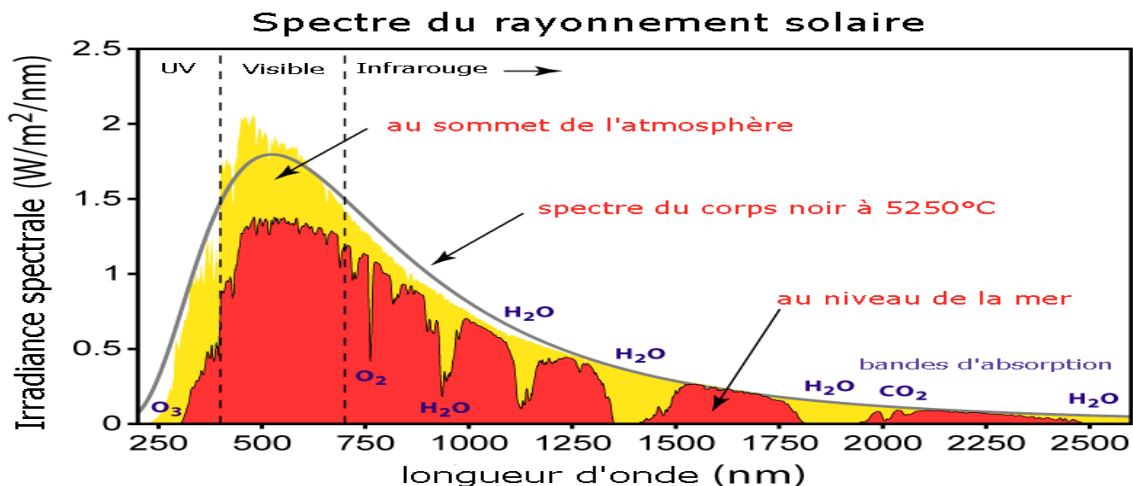


Figure (I.4) : Spectre d'irradiantes solaire.

Les photopiles se différencient par leur sensibilité spectrale, ou capacité à convertir certaines longueurs d'onde. [6]

A-Energie solaire thermique

Une des façons de profiter directement de l'énergie des photons émis par le soleil est le chauffage direct des capteurs thermiques. Ils se comportent comme une serre où les rayons du soleil cèdent leur énergie à des absorbeurs qui à leur tour réchauffent le fluide circulant dans

L'installation de chauffage. La température du fluide peut atteindre jusqu'à 60 à 80°C. Ce système est totalement écologique, très peu cher et la durée de vie des capteurs sont élevée.

Une autre propriété qui rend ce type des capteurs universels est que l'ensoleillement ne doit pas forcément être direct ce qui signifie que, même dans les zones couvertes de nuages (peu denses évidemment) le fonctionnement reste correct, le grand inconvénient est l'impossibilité de transporter l'énergie ainsi captée à grande distance. Cette source est donc utilisation locale (principalement chauffage individuel, piscines).

Une autre application de la technique thermo solaire est la production d'eau douce par distillation qui est très intéressante du point de vue des pays en voie de développement. La technologie thermo solaire plus évoluée utilisant des concentrateurs optiques (jeu de miroirs) permet d'obtenir les températures très élevées du fluide chauffé. Une turbine permet alors de transformer cette énergie en électricité à l'échelle industrielle. Cette technologie est néanmoins très peu utilisée et demande un ensoleillement direct et permanent figures I.5.

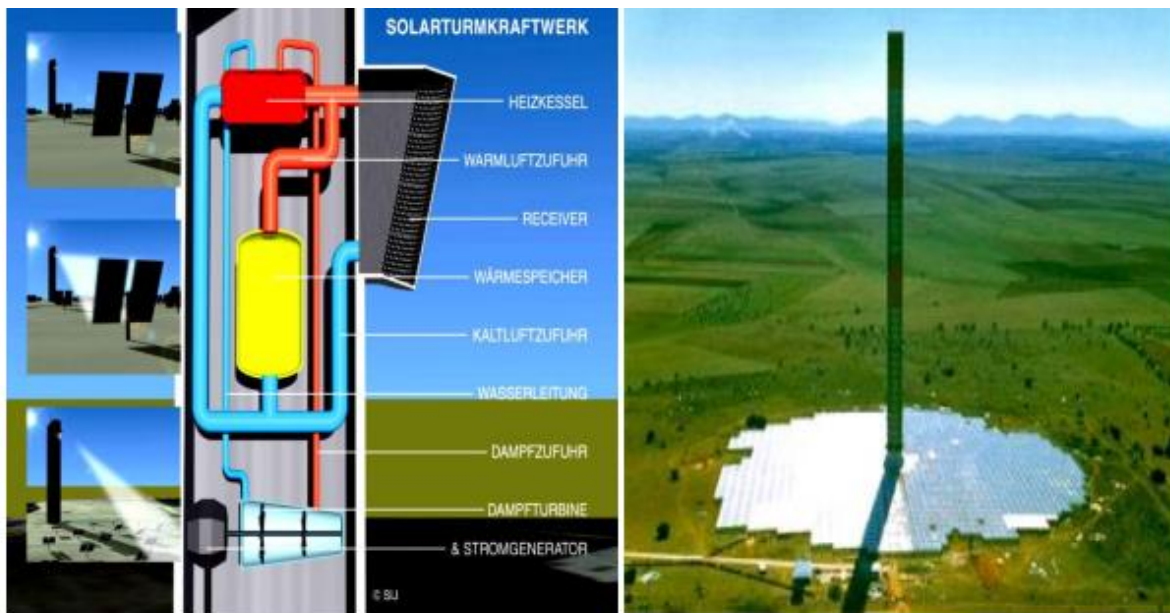


Figure (I.5) : Solaire thermodynamique à gauche et Tour solaire à droite

B-Photovoltaïque

L'énergie photovoltaïque est obtenue directement à partir du rayonnement du soleil. Les panneaux photovoltaïques composés des cellules photovoltaïques à base de silicium ont la

capacité de transformer les rayonnements en énergie électrique. L'énergie sous forme de courant continu directement utilisable.

La figure I.6 représente des exemples sur les différents panneaux solaires.



Figure (I.6) : Exemple sur les différents panneaux solaires (a) est un Champ solaire et (b) des Panneaux solaires

I.4.1.2- Energie solaire en Algérie

De part sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus importants du monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et atteint les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m est de l'ordre de 5 kWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 kWh/m²/an au Nord et 2263 kWh/m²/an au sud du pays [8]

Tableau I.2 Potentiel solaire en Algérie.[8]

Régions	Région côtière	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	4	86
Durée moyenne d'ensoleillement (heures/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue(KWh/m ² /an)	1700	1900	2650

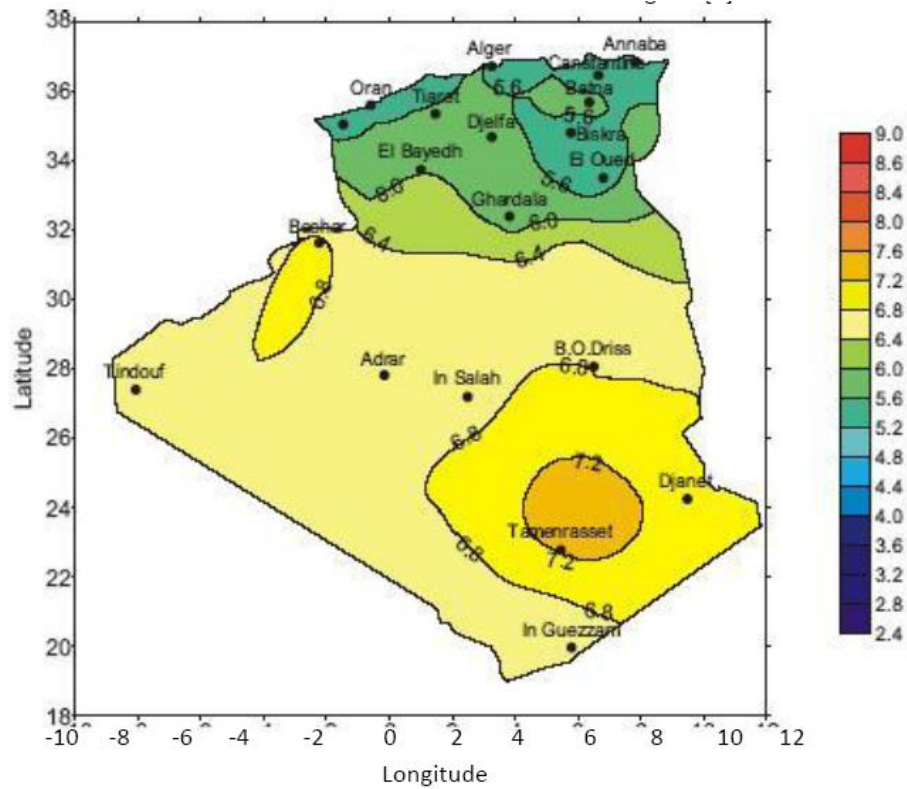


Figure (I-7) : Irradiation solaire globale reçue sur plan incliné [5]

I.4.2- Energie géothermique

I.4.2.1- Définition

Le principe consiste à extraire l'énergie contenue dans le sol. Partout, la température croît depuis la surface vers le centre de la Terre. Selon les régions géographiques, l'augmentation de la température avec la profondeur est plus ou moins forte, et varie de 3 °C par 100 m en moyenne jusqu'à 15°C ou même 30 °C. Cette chaleur est produite pour l'essentiel par la radioactivité naturelle des roches constitutives de la croûte terrestre. Elle provient également, pour une faible part, des échanges thermiques avec les zones internes de la Terre dont les températures s'étagent de 1000 °C à 4300 °C. Cependant, l'extraction de cette chaleur n'est possible que lorsque les formations géologiques constituant le sous-sol sont poreuses ou perméables et contiennent des aquifère.

Quatre types de géothermie existent selon la température de gisement :

- ✓ La haute (>180°C) et la moyenne (>100°C), pour la production de l'énergie électrique.
- ✓ La basse (>30°C), pour le chauffage urbain.
- ✓ La géothermie très basse énergie nécessite l'utilisation des pompes à chaleur et donc une installation particulière, [5], [9]

La figure I.9, montre deux exemples sur l'utilisation de la géothermie : (a) une centrale géo-thermoélectrique, (b) le chauffage urbain.

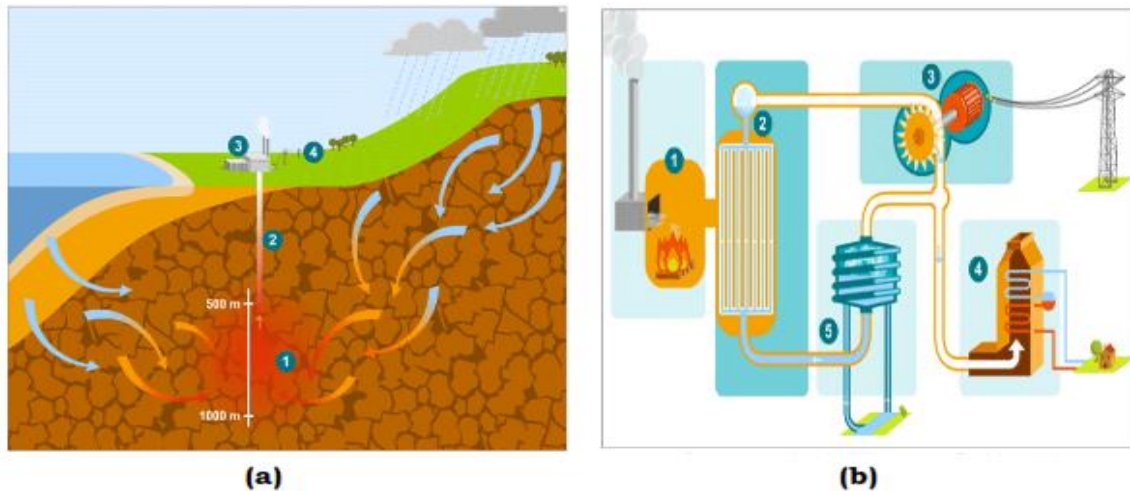


Figure (I.8) : Deux exemples sur l'utilisation de la géothermie.

I.4.2.2- Energie géothermique en Algérie

Les calcaires jurassiques du Nord algérien qui constituent d'importants réservoirs géothermiques, donnent naissance à plus de 200 sources thermales localisées principalement dans les régions du Nord-Est et Nord-Ouest du pays.

Ces sources se trouvent à des températures souvent supérieures 40°C, la plus chaude étant celle de Hammam Maskoutaine (96°C).

Ces émergences naturelles qui sont généralement les fuites de réservoirs existants, débitent à elles seules plus de 2 m/s d'eau chaude. Ceci ne représente qu'une infime partie des possibilités de production des réservoirs.

Plus au Sud, la formation du continental intercalaire, constitue un vaste réservoir géothermique qui s'étend sur plusieurs milliers de km². Ce réservoir, appelé communément « nappe albiennne » est exploité à travers des forages à plus de 4 m/s. l'eau de cette nappe se trouve à une température moyenne de 57 °C. Si on associe le débit d'exploitation de la nappe albiennne au débit total des sources thermales, cela représenterait, en termes de puissance, plus de 700 MW.

I.4.3- Biomasse

I.4.3.1- Définition

La biomasse est le terme utilisé pour décrire l'ensemble des êtres vivants d'un écosystème. Il désigne l'ensemble de la matière vivante, il s'applique aux produits organiques végétaux

Et animaux utilisés à des fins énergétiques ou agronomiques. La biomasse contient du carbone, après combustion on obtient de l'énergie sous forme de chaleur ou d'électricité. C'est la source la plus ancienne d'énergie renouvelable connue des hommes (fig. I.9).

Il y a trois principales catégories d'énergies relatives à la biomasse :

- Bio fuel : la combustion naturelle du bois, de la paille ou des récoltes avec un fort pouvoir calorifique.
- Incinération des déchets : soit des déchets domestiques, ou des déchets commerciaux, ou des déjections animales, c'est une méthode d'éliminer les déchets. Elle est utilisée pour le chauffage ou pour la production d'énergie électrique.

Deux tonnes de déchets ménagers peuvent contenir autant d'énergie qu'une tonne de charbon

- Biogaz : la dégradation des déchets émet de grandes quantités de méthane qui est un gaz combustible, additionnées à une faible quantité d'oxygène, peut agir en tant que source d'énergie,



Figure (I.9) : Exemple des sources d'énergie biomasse

I.4.3.2- La Biomasse en Algérie

- Potentiel de la forêt

L'Algérie se subdivise en deux parties :

- ✚ les régions selvatiques qui occupent 25.000.000 hectares environ, soit un peu plus de 10% de la superficie totale du pays.
- ✚ les régions sahariennes arides couvrant presque 90% du territoire.

Dans le nord de l'Algérie, qui représente 10% de la surface du pays, soit 2500 000 hectares, la forêt couvre 1 800 000 hectares et les formations forestières dégradées en maquis 1 900 000 hectares.

Le pin maritime et l'eucalyptus sont des plantes particulièrement intéressantes pour l'usage énergétique : actuellement elles n'occupent que 5% de la forêt algérienne.

I.4.4-Hydroélectricité

I.4.4.1- Définition

L'énergie hydroélectrique est la production d'énergie utilisable sous forme d'électricité à partir de l'eau. Cette électricité est produite par un générateur, une fois que l'eau en mouvement est passée à travers une turbine, la figure I.10, présente un schéma de principe d'une centrale hydraulique. Etant donné que les systèmes naturels comme les rivières contiennent déjà une grande partie de cet élément, elles peuvent être utilisées. Dans le cas où le mouvement naturel de l'eau ne serait pas possible ou insuffisant pour la production d'énergie, la construction d'un barrage devient une nécessité, [8]

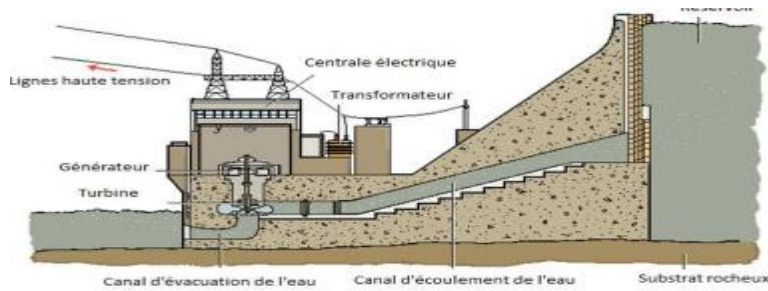


Figure (I.10) : Exemple du principe d'une centrale hydraulique.

I.4.4.2- Energie Hydraulique en Algérie

La part de capacité hydraulique dans le parc de production électrique total est de 5% ; soit 286 MW. Cette faible puissance est due au nombre insuffisant des sites hydrauliques et à la non-exploitation des sites hydrauliques existants (fig.I.11) [10].

Parc de production hydroélectrique en Algérie

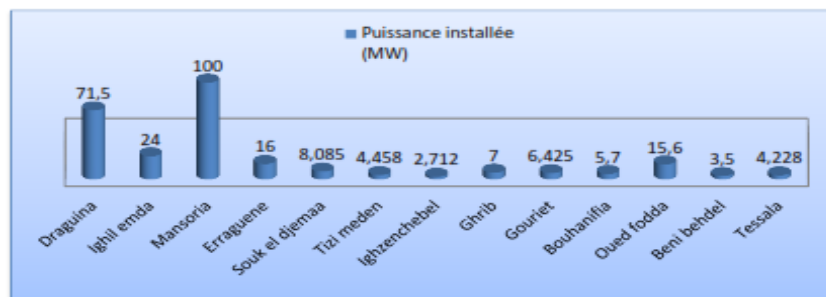


Figure (I.11) : Parc de production hydroélectrique en Algérie (2007).

I.4.5- Energie des vagues (marémotrice)

I.4.5.1- Définition

Aussi classée dans l'énergie hydraulique, le développement de nouvelles technologies commence à exploiter le potentiel important de l'océan. Les vagues sont une source d'énergie renouvelable et gratuite, créée par le vent quand il souffle sur la surface de la mer. Plus les distances impliquées sont grandes plus les vagues sont puissantes. L'énergie est stockée de cette manière jusqu'à ce qu'elle atteigne les zones peu profondes et les plages, où elle est libérée, parfois avec des effets destructifs. L'océan occupant plus que les 2/3 de la surface de la Terre, il est évident que le potentiel est immense (fig. I.12).



Figure (I.12) : Usine marémotrice de Rance-France 240MW [10].

La production d'électricité à partir des vagues et des marées est aujourd'hui une option. Environ deux fois par jour lors des marées montantes et descendantes, l'eau s'écoule dans les estuaires et sur les côtes. Cette eau peut actionner des turbines, afin de produire de l'électricité. Aujourd'hui la France et le Canada possèdent les plus grosses installations marémotrices, la figure 1.12, présente une usine marémotrice de la Rance, 240MW.

I.4.6- Energie éolienne

I.4.6.1- Définition

Eolienne est un dispositif qui transforme une partie de l'énergie cinétique du vent (fluide en mouvement) en énergie mécanique disponible sur un arbre de transmission puis en énergie électrique par l'intermédiaire d'une génératrice ou pour le pompage d'eau. L'énergie éolienne est une énergie "renouvelable" non dégradée, géographiquement diffuse, et surtout en corrélation saisonnière (l'énergie électrique est largement plus demandée en hiver et c'est souvent à cette période que la moyenne des vitesses des vents est la plus élevée). De plus, c'est une énergie qui ne produit aucun rejet atmosphérique ni déchet radioactif. Elle est toutefois aléatoire dans le

temps et son captage reste assez complexe, nécessitant des mâts et des pales de grandes dimensions (jusqu'à 60 m pour des éoliennes de plusieurs mégawatts) dans des zones géographiquement dégagées pour éviter les phénomènes de turbulences.

L'énergie éolienne depuis une dizaine d'années maintient une croissance de 30% par an, En Europe, principalement sous l'impulsion allemande, scandinave et espagnole, on comptait en 2000 environ 15000 MW de puissance installée. Ce chiffre a presque doublé en 2003, soit environ 27000 MW pour 40000 MW de puissance éolienne installée dans le monde.

Entrevision, pour l'année 2010, on peut espérer une puissance éolienne installée en Europe de l'ordre 70000 MW soit l'équivalent d'environ de 70 tranches nucléaires.

La figure I.13, montre les trois utilisations de l'énergie éolienne : (a) et (b) la production de l'électricité, (c) un moulin à vent, (d) pompage de l'eau.

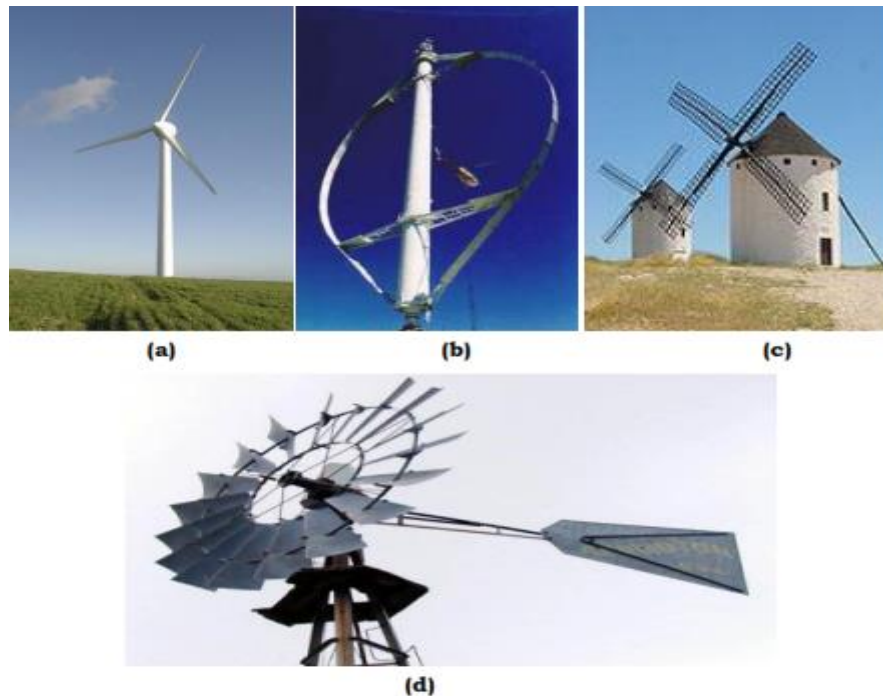


Figure (I.13) Les trois utilisations de l'énergie éolienne.

I.4.6.2-Energie éolienne en Algérie

La ressource éolienne en Algérie varie beaucoup d'un endroit à un autre. Ceci est principalement dans une topographie et un climat très diversifiés. En effet, notre vaste pays, se subdivise en deux grandes zones géographiques distinctes. Le Nord méditerranéen est caractérisé par un littoral de 1200 km et un relief montagneux, représenté par les deux chaînes de l'Atlas tellien et l'Atlas

saharien. Entre elles, s'intercalent des plaines et les hauts plateaux de climat continental. Le Sud, quand à lui, se caractérise par un climat saharien. Le Sud est caractérisé par des vitesses plus élevées que le Nord, plus particulièrement dans le Sud-ouest, avec des vitesses supérieures à 4 m/s et qui dépassent la valeur de 6 m/s dans la région d'Adrar.

Concernant le Nord, on remarque globalement que la vitesse moyenne est peu élevée. On note cependant, l'existence de microclimats sur les sites côtiers d'Oran, Bejaïa et Annaba, sur les hauts plateaux de Tiaret et Kheiter ainsi que dans la région délimitée par Bejaïa au Nord et Biskra au Sud.

I.5-Conclusion

Au rythme de la consommation actuelle, dans les pays industrialisés, un habitant utilise près de 5 tonnes de pétrole par an, selon de nombreux expert, les réserves de pétrole seraient épuisées dans une cinquantaine d'années et un peu plus par le gaz ; celles du charbon, dans deux cents ans. Selon le conseil mondial de l'énergie, les sources d'énergies renouvelables ne pourront couvrir au mieux que 30% des besoins mondiaux vers 2020 (même si certains estiment que ce chiffre pourrait être de 60% vers 2100).

Dans ce chapitre nous avons passé en revue les différents types d'énergies renouvelables ainsi que leurs importances, leurs avantages et inconvénients.

Dans le chapitre prochain nous étudierons plus en détails le système photovoltaïque.

Chapitre II

Le Système

Photovoltaïque

II.1- Introduction

Les modules ou panneaux photovoltaïques sont composés de semi-conducteurs qui permettent de transformer directement la lumière du soleil en électricité.

Ces modules s'avèrent une source d'énergie électrique qui est sûre, fiable, sans entretien et non polluante. La majorité des modules solaires sur le marché aujourd'hui sont pourvus de garanties de plus de 20 ans, et ils fonctionneront bien au-delà de cette période.

Des millions de systèmes ont été installés dans le monde entier, de puissances différentes allant d'une fraction d'un watt à plusieurs mégawatts. Pour de nombreuses applications, les systèmes solaires électriques sont non seulement rentables, mais ils peuvent aussi représenter l'option la moins coûteuse.

Dans ce chapitre on commencera par rappeler brièvement le principe de la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique reposant sur l'effet photoélectrique des semi-conducteurs [7]

II.2- Aspects théoriques du photovoltaïque

II .2.1-Définition du photovoltaïque

Le terme photovoltaïque provient du grec ancien « photos », c'est à dire lumière ou clarté et du nom du physicien Alessandro Volta qui inventa la pile électrique en 1800 et donna son nom à l'unité de mesure de tension électrique, le volt.

L'effet photovoltaïque désigne la capacité que possèdent certains matériaux, notamment les semi-conducteurs, à convertir directement les différentes composantes de la lumière du soleil (et non sa chaleur) en électricité.

II.2.2- Histoire de la technologie photovoltaïque

L'effet photovoltaïque fut découvert en 1839 par le français Becquerel. En 1875, Werner Von Siemens expose devant l'académie des Sciences de Berlin un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs. Cependant, cette découverte reste anecdotique pendant les grandes guerres mondiales et ce n'est qu'en 1954 que trois chercheurs américains, Chapin, Pearson et Prince mettent au point une cellule photovoltaïque à haut rendement. Coïncidence ? C'est justement à ce moment que l'industrie spatiale naissante cherche des solutions nouvelles pour alimenter ses satellites. 4 ans plus tard, une cellule avec un rendement de 9% équipe les premiers

satellites solaires envoyés dans l'espace. En 1973, pour la première fois une maison est alimentée par des cellules photovoltaïques aux États-Unis et une voiture alimentée par le soleil parcourra 4 000 km en Australie en 1983. En 1995, c'est au Japon et en Allemagne que des programmes de toits photovoltaïques raccordés au réseau ont été lancés, et on voit bien qu'ils se généralisent au monde entier.

II.2.3-Fonctionnement de la technologie photovoltaïque

Un semi-conducteur possède deux parties : une présentant un excès d'électrons, et l'autre un déficit d'électrons. Elles sont respectivement dites dopées de types n et de type p. Dans la couche dopée de type n, il existe une quantité d'électrons libres supérieure à une couche de silicium pur. Dans l'autre couche, il y aura donc une quantité d'électrons libres inférieure à une couche de silicium pur, d'où le fait que le matériau reste électriquement neutre.

On utilise la théorie des bandes d'énergie pour décrire le fonctionnement des cellules photovoltaïques : la structure périodique des atomes dans un solide entraîne des bandes d'énergie interdites pour l'électron et chaque matériau est caractérisé par une largeur de bande interdite (gap) exprimée en eV dont la valeur détermine la nature du matériau (conducteur, semi-conducteur ou isolant). Pour les semi-conducteurs, ce gap est suffisamment petit pour que les électrons de la bande de valence puissent rejoindre la bande de conduction. Cette bande interdite correspond à l'énergie nécessaire pour faire passer un électron de la bande de valence à la bande de conduction. On différencie 4 types de couches : la bande de valence, de conduction, interdite et permise [11].

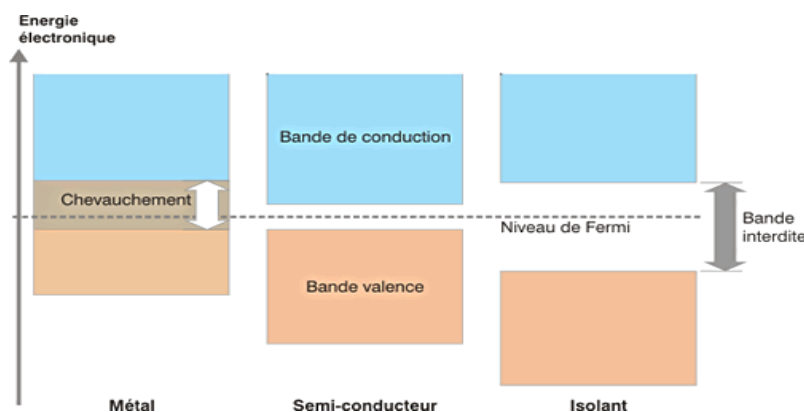


Figure (II.1) : Les bandes d'énergie

L'effet photovoltaïque repose donc sur les propriétés des semi-conducteurs, mais aussi sur leur dopage. En effet, il est possible de doper les couches de silicium afin d'augmenter leur conductivité.

Le silicium employé aujourd'hui dans la majorité des cellules a été choisi pour la présence de quatre électrons de valence sur sa couche extérieure. Dans le silicium, chaque atome est lié à quatre atomes voisins. Ainsi, si un atome de silicium est remplacé par un atome de phosphore par exemple (l'atome remplaçant doit être situé sur la colonne V du tableau de Mendeleïev), un des 5 électrons de valence ne participera pas aux liaisons. Par agitation thermique, il va passer rapidement dans la bande de conduction et ainsi devenir libre de se déplacer dans le cristal, laissant un trou fixe derrière lui, lié à l'atome de dopant. Il y a alors conduction par un électron, et le semi-conducteur est dit dopé de type n. Si au contraire un atome de silicium est remplacé par un atome de la colonne III, il lui manquera un électron de valence pour réaliser toutes les liaisons, et un électron viendra très vite combler ce manque et occuper l'orbitale vacante par agitation thermique. Il en résulte un trou dans la bande de valence, qui va contribuer à la conduction. On aura alors un dopage dit de type p.

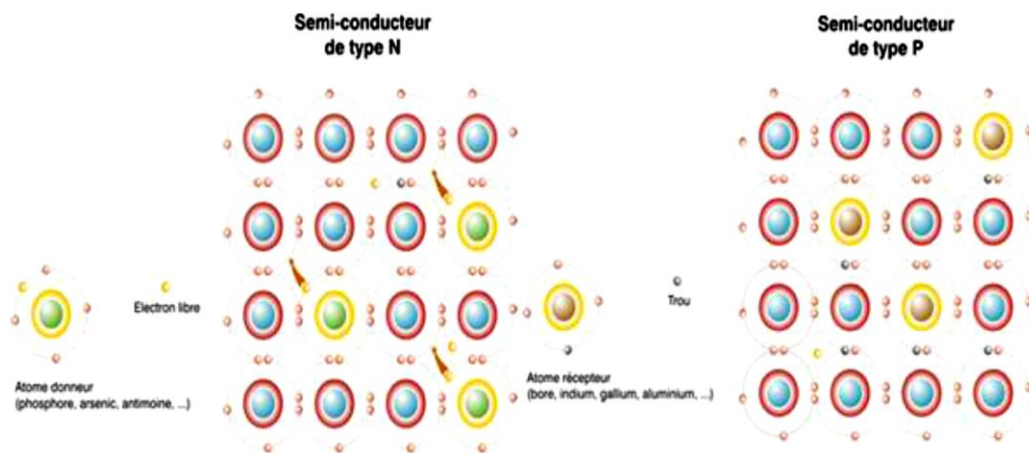


Figure (II.2): Les différents types de dopages

Les atomes tels que le phosphore ou le bore sont donc des dopants du silicium. Lorsqu'il y a contact, les électrons de la couche n se diffusent dans la couche p en créant au passage un « trou ». La zone alors dopée n devient chargée positivement, tandis que la zone p se charge négativement. Il se crée alors un champ électrique qui tend à repousser les électrons vers la zone n et les « trous » vers la zone p. On dit qu'une jonction p-n est alors formée [11].

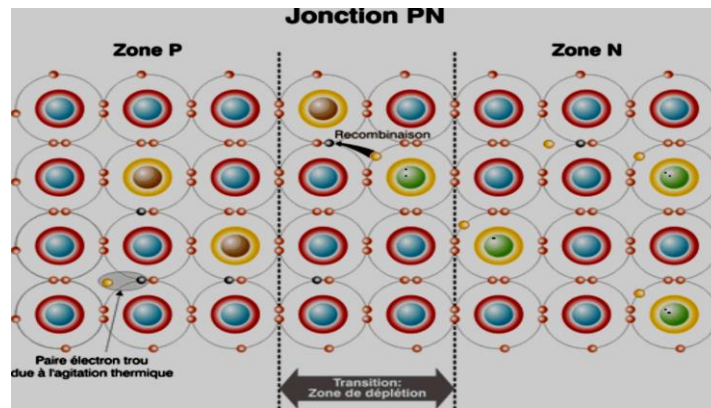


Figure (II.3) : Jonction P-N

En ajoutant des contacts métalliques entre les zones n et p, une diode est obtenue. Lorsque la jonction est éclairée, les photons d'énergie supérieure ou égale à la bande interdite communiquent leur énergie aux atomes, chacun fait passer un électron de la bande de valence dans la bande de conduction et laisse ainsi un trou capable de se déplacer, engendrant une paire électron-trou. Si une charge est placée aux bornes de la cellule, les électrons de la zone n rejoignent les trous de la zone p par la connexion extérieure, donnant naissance à une différence de potentiel : on a alors apparition d'une circulation de courant [11].

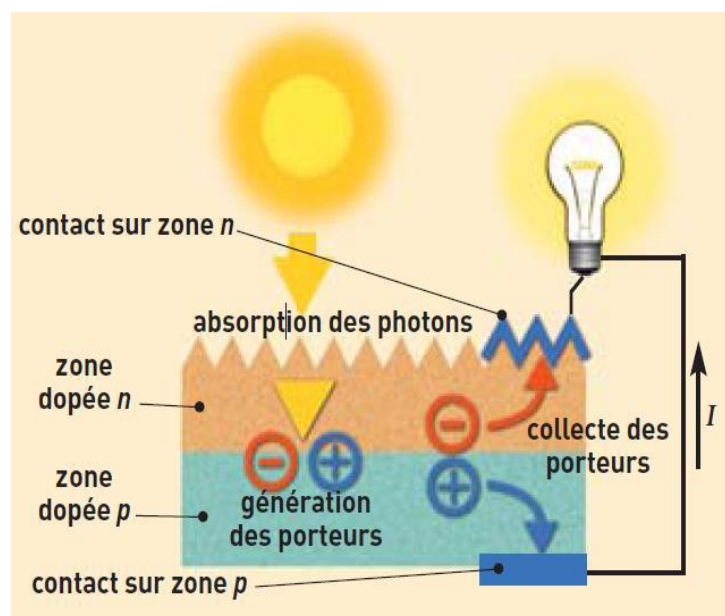


Figure (II.4) : Schéma récapitulative

II.3- Modèle D'une Cellule Solaire Idéale :

La cellule est un composant semi-conducteur qui délivre un courant en excitant ce dernier par des photons, donc en première approximation on a une source de courant, qui est court-circuitée par une diode (car la photopile est une jonction p-n).

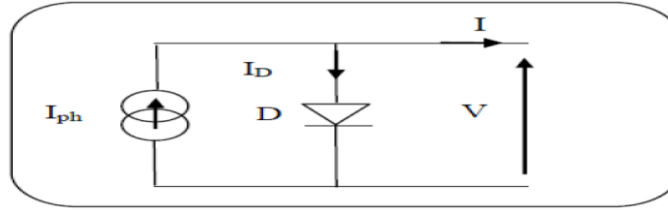


Figure (II.5) : schéma idéale d'une cellule photovoltaïque

$$I = I_{ph} - I_D(V) \quad (II.1)$$

I_D : Courant de la diode.

I_{ph} : La photo courant.

$$I_D = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{qV}{AKT}} - 1 \right) \quad (II.2)$$

I_0 : Courant inverse de saturation ou le courant de fuite de la diode (A).

q : La charge de l'électron qui est égale à $1,60217646 \cdot 10^{-19}$ C.

k : La constante de Boltzmann qui est égale à $1,3806503 \cdot 10^{-23}$ J. K⁻¹.

T : La température de la jonction PN (K).

A : La constante d'idéalité de la diode.

II.4- Modèle d'une cellule solaire réelle :

II.4.1- Modèle à une diode (à une seule exponentielle) :

Réellement il existe plusieurs influences des résistances parasites dans la production de l'énergie électrique, et la cellule photovoltaïque est représentée généralement par le schéma suivant :

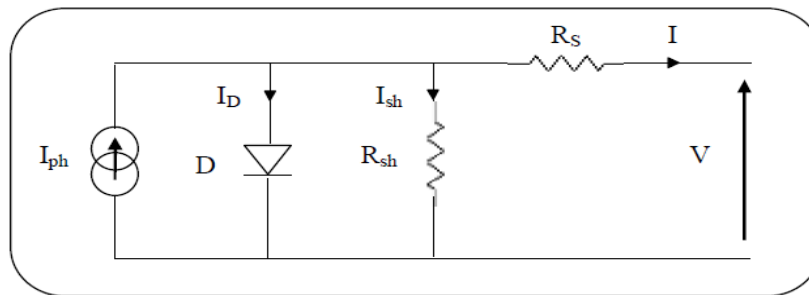


Figure (II.6) : schéma équivalent d'une cellule solaire.

C'est le modèle le plus classique dans la littérature, il fait intervenir un générateur de courant Pour la modélisation du flux lumineux incident, une diode pour les phénomènes physique de Polarisation et deux résistances (série et shunt).

Ces résistances auront une certaine influence sur la caractéristique **I-V** de la cellule :

- ✓ la résistance série est la résistance interne de la cellule ; elle principalement la Résistance du semi-conducteur utilisé, de la résistance de contact des grilles Collectrices et de la résistivité de ces grilles.
- ✓ la résistance shunt est due à un courant de fuite au niveau de la jonction ; elle dépend de la façon dont celle-ci a été réalisée.

Le courant de la diode est donné par : [12]

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{q(V+R_S I)}{AKT}} - 1 \right) \quad (\text{II.3})$$

Le courant généré par la cellule PV est donné par la loi des mailles

$$I = I_{ph} - I_d - I_{sh} \quad (\text{II.4})$$

$$I = I_{ph} - I_0 \left[e^{\frac{q(V+R_S I)}{AKT}} - 1 \right] - \left(\frac{V+R_S I}{R_{sh}} \right) \quad (\text{II.5})$$

II.5- Caractéristique d'un GPV élémentaire :

La figure (II-7) représente caractéristique **I (V)** et **P (V)** tracée pour un éclairement **E=1000 W/m²** et une température ambiante **T = 25°C** pour un module **PV**.

On constate que la caractéristique de la cellule se comporte comme une source de courant Constant dans la partie horizontale et comme un générateur de tension constant dans la partie Verticale, on note aussi qu'il existe toujours un point de puissance maximale.

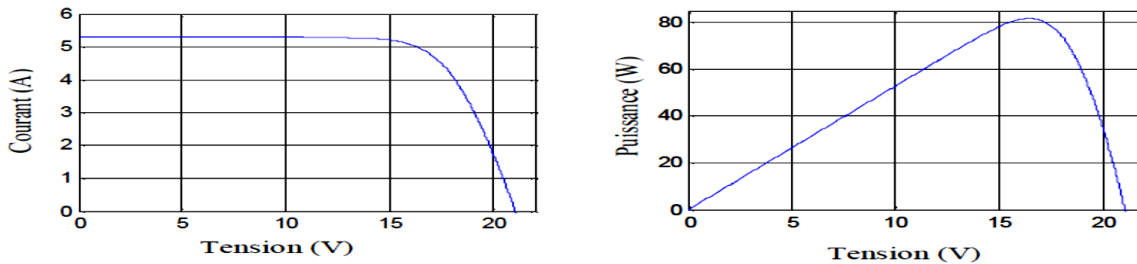


Figure (II-7) : caractéristique I (V) et P (V) à T=25°C et E=1000W/m²

On décrit un **GPV** élémentaire par les paramètres suivants :

- La puissance de crête **P_c** : puissance électrique maximum que peut fournir le module dans les conditions standards (25°C et un éclairement de **1000 W/m²**),
- la tension à vide **V_{OC}**: tension aux bornes du module en l'absence de tout courant, pour un éclairement " plein soleil ",
- le courant de court-circuit **I_{SC}**: courant débité par un module en court-circuit pour un éclairement " plein soleil ",
- le point de fonctionnement optimum, (**V_{mp}**, **I_{mp}**) : lorsque la puissance de crête est maximum en plein soleil,

$$P_{mp} = V_{mp} * I_{mp} \quad (II.6)$$

- le rendement : rapport de la puissance électrique optimale à la puissance de radiation Incidente,
- le facteur de forme : rapport entre la puissance optimale Pm et la puissance maximale que peut avoir la cellule.

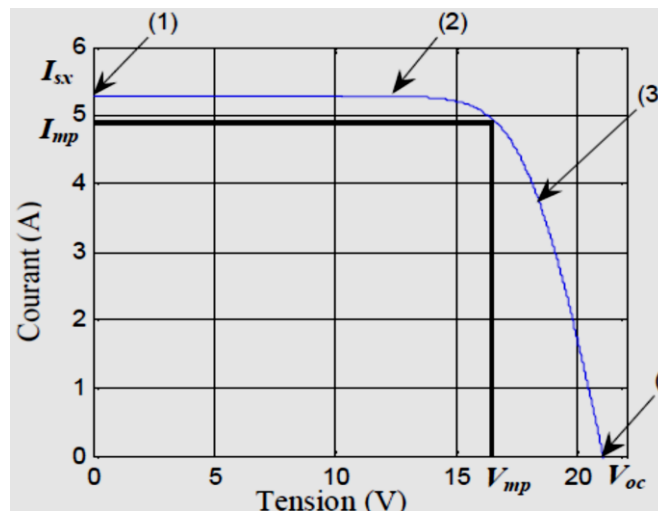


Figure (II.8) : Les différentes zones de fonctionnement d'un module photovoltaïque

Et les différentes zones de fonctionnement sont les suivantes :

- Zone 1 – 2 : fonctionnement en générateur de tension.
- Zone 2–3 : zone préféré pour le fonctionnement du module, le point de fonctionnement Optimal défini par le courant **I_{mp}** et la tension **V_{mp}** est celui où le module délivre sa Puissance maximale.
- zone 3- 4 : fonctionnement en générateur de courant constant proportionnel à l'éclairement

II.6- Les différents types de cellules

On distingue 3 générations de cellules photovoltaïques en fonction des développements technologiques. Les cellules de la première génération sont basées sur une seule jonction p-n et utilisent le silicium sous forme cristalline comme matériau semi-conducteur. Les couches minces constituent la deuxième génération. Dans le cas de couches minces, la couche de semi-conducteur est directement déposée sur un substrat (par exemple du verre). La production de ce type de cellules est moins coûteuse que la première génération cependant, le problème des cellules de seconde génération est le rendement moindre de ce type de cellules (6-7% et 14% en laboratoire) et la toxicité de certains éléments (cadmium) pour leur fabrication. Enfin, la troisième génération vise à passer la limite maximale de rendement des cellules actuelles, qui est d'environ 30%.

II.6.1- Cellule photovoltaïque en silicium monocristallin (1ère génération) :

Lors du refroidissement, le silicium fondu se solidifie pour ne former qu'un seul cristal de grande dimension. Celui-ci est alors découpé en fines tranches bleues uniformes : ce seront les cellules à proprement parler. Ce type de cellules a un bon rendement (14 à 16%) mais reste cher.

II.6.2- Cellule PV en silicium multi-cristallin ou poly-cristallin (1ère génération) :

Au contraire du silicium monocristallin, le silicium refroidit dans une lingotière, où il forme plusieurs cristaux. L'avantage d'un tel dispositif est qu'il a un bon rendement de conversion. Certes moins que le monocristallin, et qu'il se trouve aussi être moins cher. Néanmoins, son rendement reste faible dans le cas d'un éclaircissement faible ou diffus.



Figure (II.9) : Module poly-cristallin (à gauche) & monocristallin (à droite)

II.6.3- Cellule photovoltaïque tandem (1ère génération) :

C'est un empilement monolithique de deux cellules simples. En combinant deux cellules absorbant dans des domaines spectraux se chevauchant, on améliore le rendement théorique par rapport aux cellules simples. Le seul inconvénient de cette cellule est son prix, élevé dû à la superposition de deux cellules.

II.6.4-Cellule photovoltaïque en silicium amorphe (2ème génération) :

Le silicium produit un gaz lors de sa transformation, qui est projeté sur une feuille de verre. Le résultat est gris foncé, et ce type de cellule est utilisé pour les calculatrices et montres solaires. La cellule en silicium amorphe a pour avantage de fonctionner avec un éclairage faible, d'être peu onéreuse et d'être facilement intégrée sur des supports souples ou rigides. Cependant, son rendement reste faible (5 à 7%) et ses performances diminuent avec le temps.

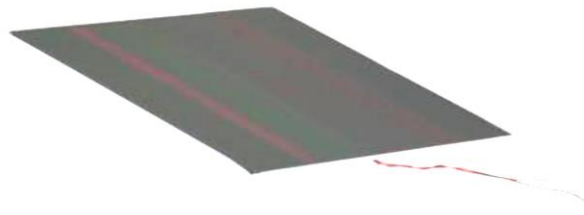


Figure (II.10) : Module en silicium amorphe

II.6.5- Cellule photovoltaïque CIGS (2ème génération) :

Le sigle CIGS est pour cuivre, indium gallium et sélénium. Ces matériaux forment un semi-conducteur qu'on place sur un support. Bien qu'elle ait un excellent rendement, cette cellule présente le problème des ressources premières, qui sont bien moins communes que le silicium. La production de ces cellules CIGS en masse est donc impossible.

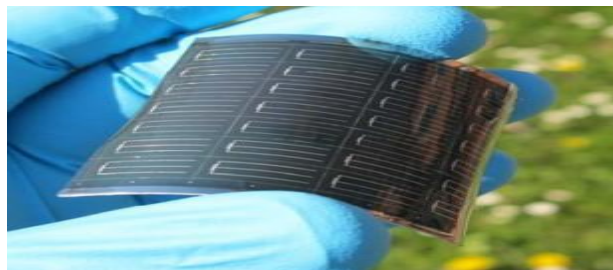


Figure (II.11) : Cellule CIGS

II.6.6- Cellule photovoltaïque organique (3ème génération) :

C'est une cellule dont au moins la couche active est constituée de cellules organiques. Elles ont pour but de réduire le coût de l'électricité photovoltaïque, en plus d'être plus fines, flexibles et moins chères à produire, tout en restant résistantes. Elles bénéficient donc du faible coût des semi-conducteurs amorphes, ainsi que de simplifications possibles dans le processus de fabrication. Il existe trois types de cellules organiques : moléculaires, en polymère ou hybrides [11].

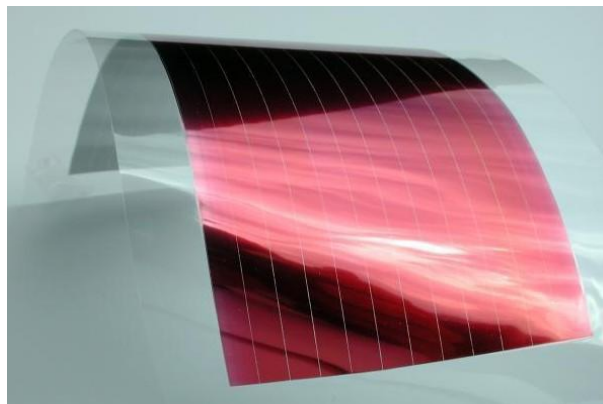


Figure (II.12) : Cellule organique

II.6.7- Cellule photovoltaïque multi-jonction (3ème génération) :

Elles sont constituées de plusieurs couches minces qui utilisent l'épitaxie, qui est une technique de croissance orientée de deux cristaux possédant des éléments de symétrie communs dans leurs réseaux cristallins. Chaque type de semi-conducteur utilisé dans cette structure est caractérisé par une longueur d'onde maximale au-delà de laquelle il est impossible de convertir l'énergie du photon en énergie électrique. En dessous de cette longueur d'onde, le surplus d'énergie du photon est perdu, d'où l'intérêt de choisir des semi-conducteurs avec des longueurs d'onde proches de façon à ce que le maximum du spectre solaire soit absorbé, ce qui augmente le rendement de ces cellules. Il est cependant évident que de telles cellules sont très chères à fabriquer, et elles sont pour l'instant uniquement utilisées pour des applications spatiales.

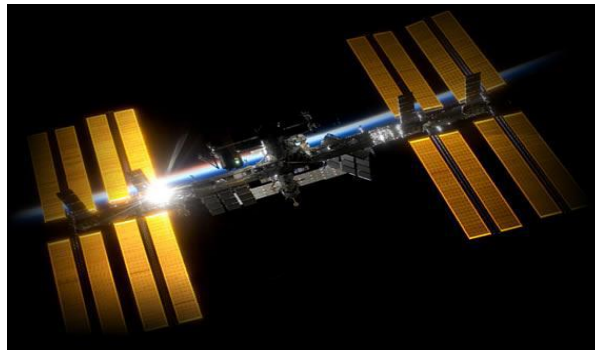


Figure (II.13) : Modules multi-jonctions

II.7-Systèmes photovoltaïques à concentration :

Ce nouveau système se base sur l'utilisation de lentilles ou de miroirs afin d'augmenter l'énergie incidente provenant du soleil et ainsi de multiplier l'énergie produite par le module photovoltaïque. Cependant, ce système est encore peu employé. En effet, bien qu'il augmente conséquemment la production d'électricité, la complexité des choix des composants (lentilles, miroirs, cellules ...) en fait un système qui est encore très rare par rapport aux modules photovoltaïques standards.

II.8 - Le rendement d'un panneau photovoltaïque

II.8.1- Puissance produite

Le rendement d'un panneau solaire photovoltaïque dépend des technologies utilisées lors de sa fabrication. Il existe plusieurs types dont les plus connus sont les panneaux PV à base de cellules en silicium poly-cristallin, silicium monocristallin, silicium amorphe, les cellules multi-jonctions, etc. Chacune de ces technologies présente des avantages et des inconvénients. En particulier, le rendement, qui est généralement le critère de choix, dépend des conditions climatiques du lieu d'installation (dans les régions caractérisées par des températures élevées, les systèmes au silicium amorphe sont préférés à ceux au mono ou poly cristallin). [13]

Pour un panneau PV, le rendement, R exprimé en pourcent (%), est défini par le rapport de la puissance électrique produite par le panneau PV (PEP) à la puissance solaire reçue (PSR).

$$R = \frac{P_{EP}}{P_{SR}} \quad (\text{II.1})$$

II.8.2- Positionnement

Comme mentionné auparavant, l'énergie fournie par le panneau PV dépend fortement de la quantité d'éclairement solaire absorbée par ce dernier. Cette quantité dépend de l'orientation du panneau par rapport au soleil. Pour collecter le maximum d'énergie, le panneau PV doit être constamment orienté perpendiculairement aux rayons solaires (Figure II .14).

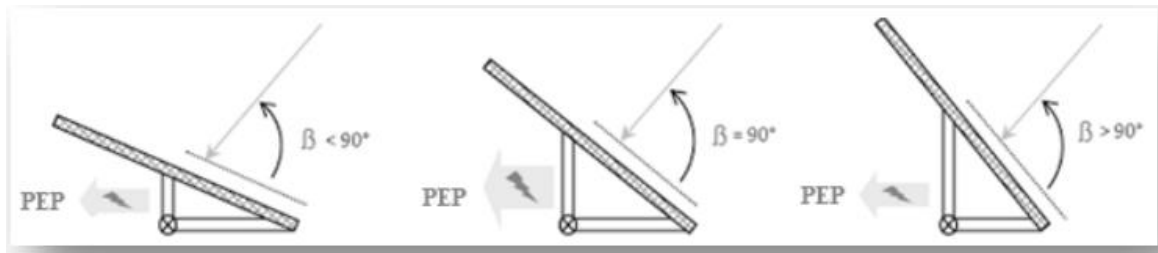


Figure (II.14) : Dépendance des performances d'un panneau PV de l'angle β .

L'angle formé entre le plan du panneau et les rayons lumineux incidents, l'angle optimal correspond à β Avec : un angle de 90° . [13]

Chaque fois que cet angle diminue ou augmente, la surface (m^2) du panneau exposée aux rayons diminue et donc en partant de la puissance produite, le rendement diminue aussi, d'où l'importance de l'orientation des panneaux par rapport à la position du Soleil. Le rendement en puissance solaire exploitée peut être calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$R = \sin(\beta) * 100 \quad (II.2)$$

II.8.3- Positionnement (angle d'inclinaison)

Un autre facteur qui influence sur les performances du panneau PV est l'angle d'inclinaison, qui correspond à l'angle formé par le plan du panneau solaire par rapport à l'horizontale (le plan du sol).



Figure (II.15) : Représentation de l'angle d'inclinaison θ .

En effet, l'évolution de la trajectoire du soleil varie selon les saisons (l'inclinaison de la terre varie), l'angle d'inclinaison est plus réduit en été et plus important en hiver. Note : Aux équinoxes du 21 mars et du 21 septembre, le soleil est perpendiculaire à l'Equateur. Au solstice d'été du 21 juin, il est perpendiculaire au tropique du Cancer (hémisphère nord).

Au solstice d'hiver du 21 décembre, il est perpendiculaire au tropique du Capricorne (hémisphère sud). Figure (II 16).

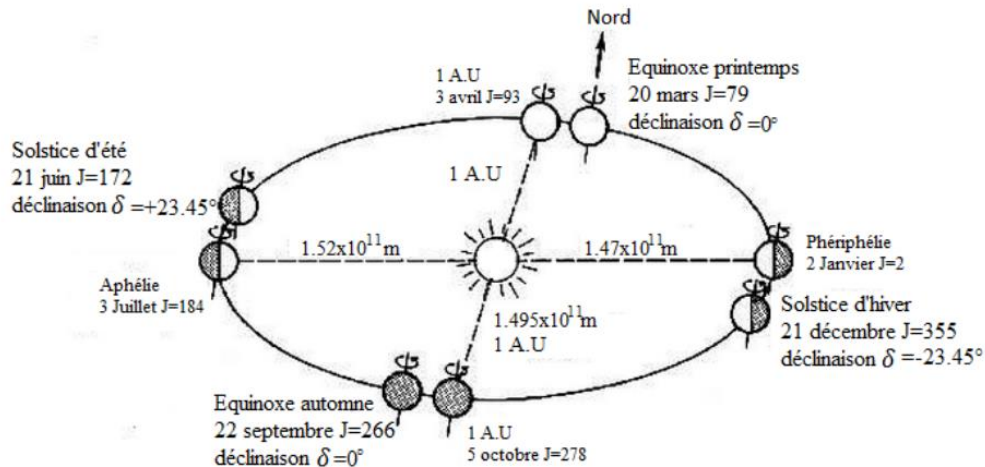


Figure (II.16) : Représentation des équinoxes et solstices et l'inclinaison de l'axe de rotation de la terre par rapport à son plan de translation autour du soleil. [13]

Cependant si l'on désire maximiser la puissance générée par un panneau PV et avoir un rendement optimal, il faut tenir compte de tous ces paramètres et contraintes liées à l'orientation du module ainsi que la position du soleil. Ceci peut être assurée par un système de poursuite solaire (suiveur soleil ou encore dit Tracker solaire (appellation courante)) permettant de suivre le soleil tout au long de la journée. Pour cela, la structure possède deux degrés de liberté : une rotation horizontale pour régler l'azimut et une rotation verticale pour l'inclinaison. Ce système permet ainsi, aux panneaux photovoltaïques de suivre continuellement et en temps réel la trajectoire du soleil pour assurer une production électrique maximale, d'où la nécessité de définir avec exactitude les trajectoires empruntées par le soleil, de manière à définir la meilleure façon avec laquelle sera effectué le suivi automatique.

II.9 – Avantage et Inconvénients des systèmes PV :

Les systèmes photovoltaïques présentent un grand nombre d'avantages et d'inconvénients qui sont :

II.9.1- Avantage :

Les systèmes photovoltaïques ont plusieurs avantages :

- ils sont non polluants sans émissions ou odeurs discernables.
- ils peuvent être des systèmes autonomes qui fonctionnent sûrement, sans surveillance Pendant de longues périodes.
- ils n'ont besoin d'aucun raccordement à une autre source d'énergie où à un approvisionnement en carburant.
- ils peuvent être combinés avec d'autres sources d'énergie pour augmenter la fiabilité de système.
- ils peuvent résister à des conditions atmosphériques pénibles comme la neige et la glace.
- ils ne consomment aucun combustible fossile et leur carburant est abondant et libre.
- une haute fiabilité car l'installation ne comporte pas de pièces mobiles, ce qui la rend Particulièrement appropriée aux régions isolées, d'où son utilisation sur les engins spatiaux.
- le système modulaire de panneaux PV permet un montage adaptable à des Besoins énergétiques variés ; les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications allant du milliwatt au mégawatt.
- la technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologiques car le produit est non polluant, silencieux, et n'entraîne aucune perturbation du milieu.
- ils ont une longue durée de vie.
- les frais et les risques de transport des énergies fossiles sont éliminés.

II.9.2- Inconvénients :

- la fabrication des modules photovoltaïques relève de la haute technologie, ce qui rend le coût très élevé.
- le rendement réel d'un module photovoltaïque est de l'ordre de 10 à 15 %,.
- ils sont tributaires des conditions météorologiques.
- l'énergie issue du GPV est continue et de faible voltage ($< 30\text{ V}$) donc Il doit être transformé par l'intermédiaire d'un onduleur et forcé la valeur de voltage par un hacheur.
- beaucoup d'appareils vendus sur le marché fonctionnent avec du 230 V alternatif. [12]

II.10- Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le principe de conversion de l'énergie solaire en énergie Électrique par les cellules photovoltaïques. L'étude du rayonnement solaire s'avère nécessaire pour le choix du meilleur site en vue d'une installation d'un système de captation solaire.

Le rayonnement reçu par un capteur solaire dépend également du niveau d'ensoleillement du Site considéré et de son orientation par rapport au soleil.

Un capteur solaire fixe reçoit le maximum d'énergie lorsqu'il est orienté vers le sud et est Incliné selon un angle pratiquement égal à la latitude du lieu. [6] Pour que le rayonnement solaire soit perpendiculaire au panneau solaire, et afin d'optimiser tout le système de captation, il est nécessaire de recourir à la technique de poursuite du soleil. Ainsi on propose dans notre étude de réalisation un système de poursuit solaire "SolarTracker" pour au max l'énergie produit par notre source PV.

Chapitre III

Description de suiveur solaire

III.1- Introduction

Dans ce chapitre, on présentera une étude théorique globale concernant l'ensemble du dispositif expérimental « Suiveur Solaire ». Ce système suiveur est constitué d'une partie mécanique qui sert à supporter le panneau et le diriger vers le rayonnement perpendiculaire du soleil et également une partie électronique constituée des capteurs solaires, une carte microcontrôleur « Arduino » et des moteurs électriques.

III.2- Partie matérielle

III.2.1- Etude du différent composant :

Le système suiveur du soleil que nous proposons pour améliorer le rendement du panneau photovoltaïque.

Ce système est basé sur la comparaison des tensions délivrer par des capteurs photovoltaïques et envoyer ces tension vers la carte microcontrôleur « Arduino ». Elles vont être converti dans cette dernière en valeur numérique puis on fait la comparaison et gère la commande des deux moteurs afin de rétablir la position d'équilibre entre les capteurs pour avoir un grand rendement.

III.2.1.1- Les capteurs de lumière :

Le capteur qu'on a utilisé est la photorésistance ou LDR. C'est un composant dont la valeur en Ohms dépend de la lumière à laquelle elle est exposée [14]. En effet, sa résistance varie en fonction du flux lumineux incident, elle est inversement proportionnelle à la lumière reçue. Le choix s'est porté sur cette dernière vu que son temps de réponse est beaucoup plus court par rapport à la photodiode.



Figure (III.1) : Photorésistance LDR

III.2.1.2- les suiveurs

A) Suiveur mono-axe :

En partant du principe général précédent, on retrouve le suiveur mono-axe qui permet une rotation selon l'axe d'azimut seulement, et qui est le plus souvent utilisé en raison de sa simplicité.

B) Suiveur double axe :

Le principe est le même pour le suiveur mono axe, il est basé sur la différence d'éclairement des quatre LDRs.

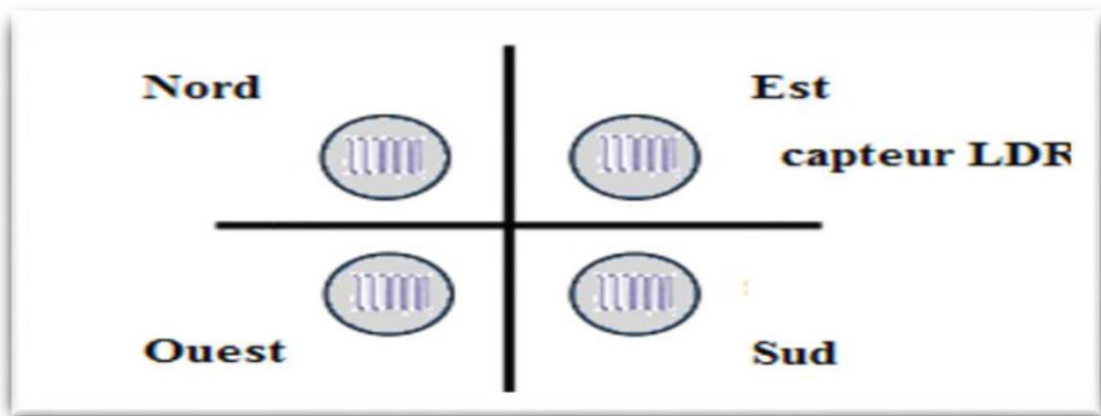


Figure (III.2) : Schéma du prototype des quatre capteurs LDRs

III.2.1.3-Le circuit de commande

Le circuit de commande de notre système est basé complètement sur un circuit programmable dit « Arduino », l'avantage de ce dernier est de minimiser la surface des cartes électriques donc on minimise l'utilisation des quantités des composants électroniques.

III.2.1.4- Définition de la carte Arduino :

Arduino est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation.

III.2.1.4.1-Arduino uno :

L'Arduino uno est une carte microcontrôleur basée sur l'ATmega328. Elle est dotée de 14 broches Entrées/Sorties numériques dont 6 en PWM et 6 configurables en entrées analogiques, d'un oscillateur à quartz 16 MHz, d'une connexion USB, d'un jack d'alimentation, d'un support ICSP et d'un bouton reset. La carte ARDUINO UNO est livrée prête à fonctionner, il suffit de la connecter à un ordinateur par le câble USB et de l'alimenter à l'aide d'un adaptateur USB ou de piles [15].

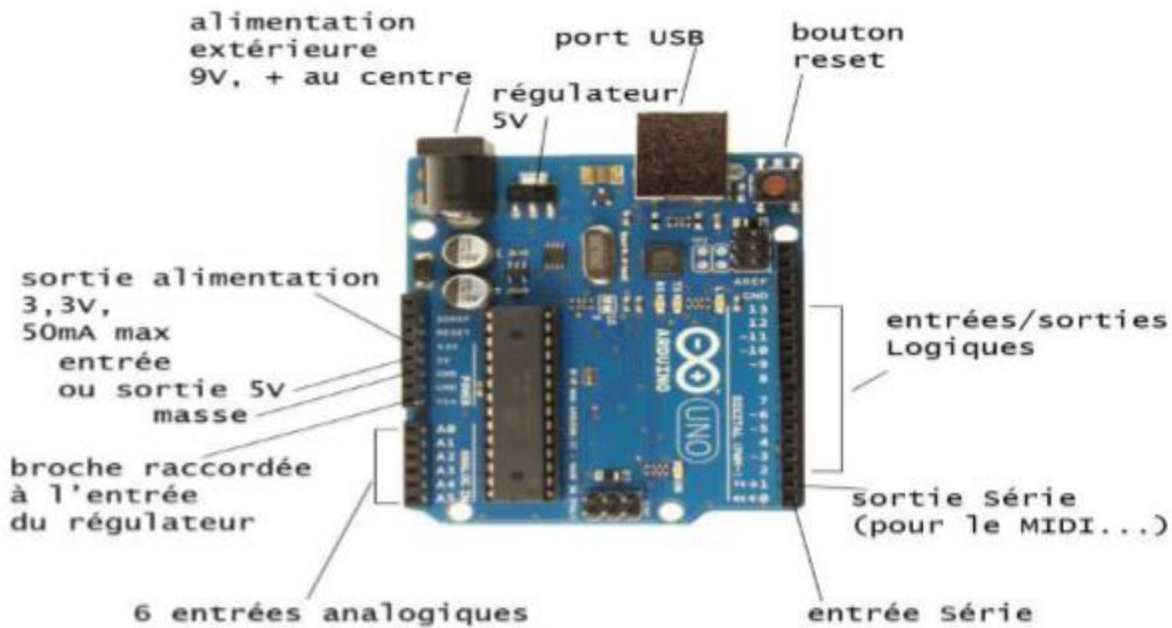


Figure (III. 3) : La carte Arduino uno

III.2.1.5-Le servomoteur :

Est un système qui a pour but de produire un mouvement précis en réponse à une commande externe, c'est un actionneur qui mélange l'électronique, la mécanique et l'automatique.

Un servomoteur est composé :

- D'un moteur à courant continu.
- D'un axe de rotation.
- Un capteur de position de l'angle d'orientation (très souvent un potentiomètre)
- Une carte électronique pour le contrôle de la position de l'axe et le pilotage du moteur à courant continu.

Un servomoteur est capable d'attendre des positions prédéterminées dans les instructions qui lui on était donne, puis de les maintenir.

Le servomoteur à l'avantage d'être asservi en position angulaire, cela signifie que l'axe de sortie du servomoteur respectera la consigne d'instruction que vous lui avez envoyée en son entrée.



Figure (III.4) : le servomoteur

Après avoir décrit la partie matérielle de notre système, nous sommes arrivés à la partie la plus importante de notre mémoire cette réalisation se décompose en quarte parties principales :

- Partie programmation.
- Partie électrique.
- Partie mécanique.

Donc, le bon fonctionnement de notre système se base essentiellement sur l'ensemble de ces parties.

III.3- Partie conception

III.3.1-Partie programmation

III.3.1.1- Programmation

La carte Arduino uno est une carte programmable, elle peut être programmée avec le logiciel Arduino représenté dans la figure (III.4).

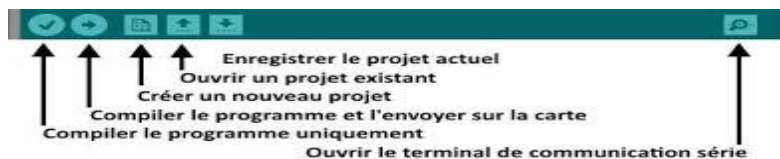


Figure (III.4) : Installation logiciel Arduino.

III.3.1.2- Définition de logiciel Arduino :

Est une application java, libre et multi plateforme, servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le firmware et le programme au travers de la liaison série.

Le langage de programmation utilisé est le C++ lié à la bibliothèque de développement Arduino permettant l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties.

La mise en place de ce langage standard rend aisé le développement de programmes sur les plates-formes Arduino, à toute personne maîtrisant le C ou le C++

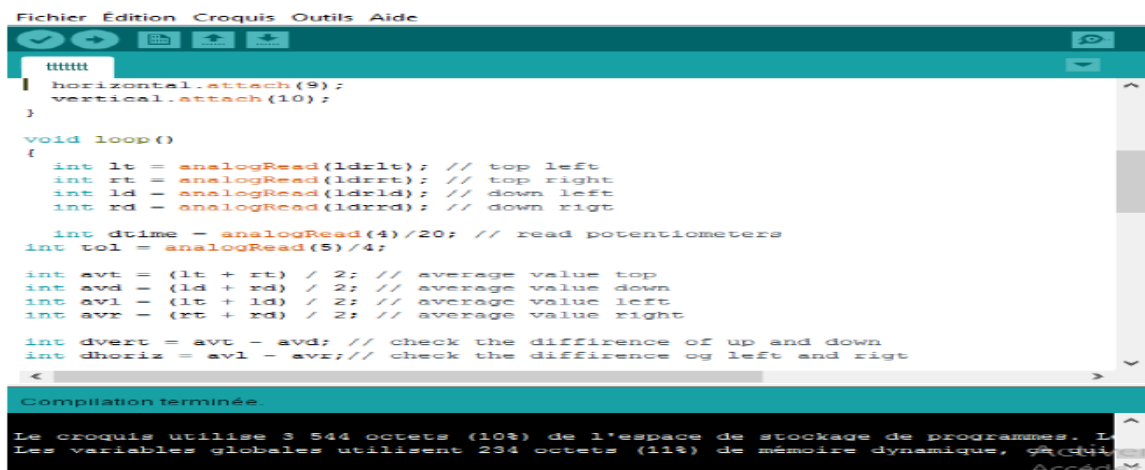


Figure (III.5) : l'interface de logiciel Arduino.

III.3.2- Partie électrique :

Cette partie est composée de 3 étapes.

Etape1

Nous avons réalisé cet essai en premier lieu en utilisant quatre leds. (Chaque LEDs indique représente une direction de rotation des deux moteurs) pour tester la connexion entre les capteurs et les actionneurs (les signaux reçus des capteurs vers l'Arduino pour traiter et leur effet sur l'actionneur (les moteurs DC).

Etape 2

Dans cette étape, nous avons réalisé cet essai en utilisant des moteurs DC pour tester les sens de la rotation.

Etape 3

Pour le fonctionnement de notre modèle, nous avons placé les capteurs dans chaque position, pour

Cela, on à utiliser une buche de forme plus (+) pré-calculée, afin d'isoler les capteurs et pour couvrir toutes les directions et avoir une meilleurs précision.

III.3.3- Partie mécanique

Pour que la production photovoltaïque soit maximale, les rayons provenant directement du soleil doivent avoir un angle d'incidence égal à 90° . Le pointage du panneau est donc optimal lorsque la normale au plan du panneau, en son centre, est dirigée vers le soleil.

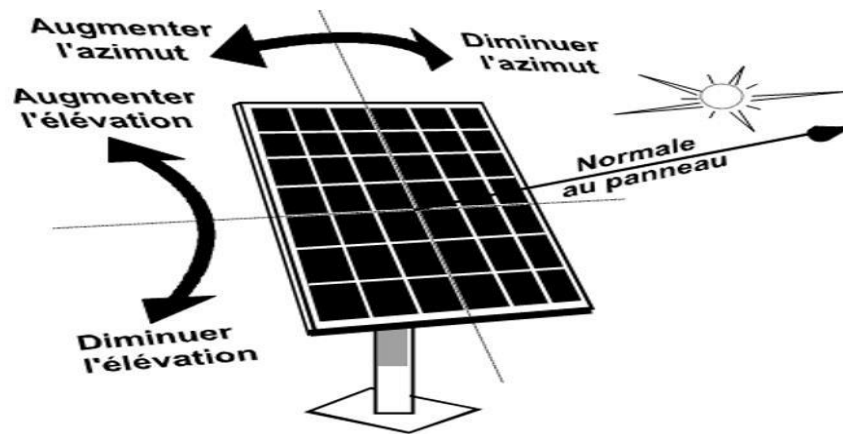


Figure (III.6) : Schéma de fonctionnement du suiveur

III.3.3.1- Orientation de l'axe horizontal (élévation) et l'axe vertical (l'azimute)

Les deux servomoteurs utilisés sont à courant continue bidirectionnelle, l'un nous servira pour le déplacement azimutal et l'autre pour l'élévation. Les servomoteurs sont réglables ce qui signifie qu'ils sont contrôlés par le programme d'Arduino après comparaison des tensions. Ce dernier leur ordonnera le sens, la direction du déplacement à effectuer pour trouver la position du rayonnement maximal et assurera la poursuite du point maximum. Une fois ce point est atteint les moteurs seront arrêtés.

III.4- Conclusion

L'objectif de cette chapitre est Nous avons présente l'étude théorique de system de poursuite solaire l'étape suivant consiste pour faire une réalisation de Tracker solaire et faire une comparaison entre un panneau fixe et autre mobile.

Chapitre IV

Réalisation de système poursuit et leur influence sur le panneau

IV.1- Introduction

Dans ce chapitre, notre travail consiste à réaliser un système poursuite solaire. Dans ce sens nous avons fait une étude comparative entre le système PV avec et sans Tracker et pour cet effet, nous avons demandé de l'aide et du travail conjoint des collègues du département de génie électrique qui nous ont fourni un Tracker solaire réalise par eux, nous avons également emprunté un panneau solaire fixe a la part de entreprise REGOUTA, on fait l'expérience comparative dans université Hama Lakhdar.

IV.2- Partie réalisation

IV.2.1-Méthodologie de réalisation de poursuit

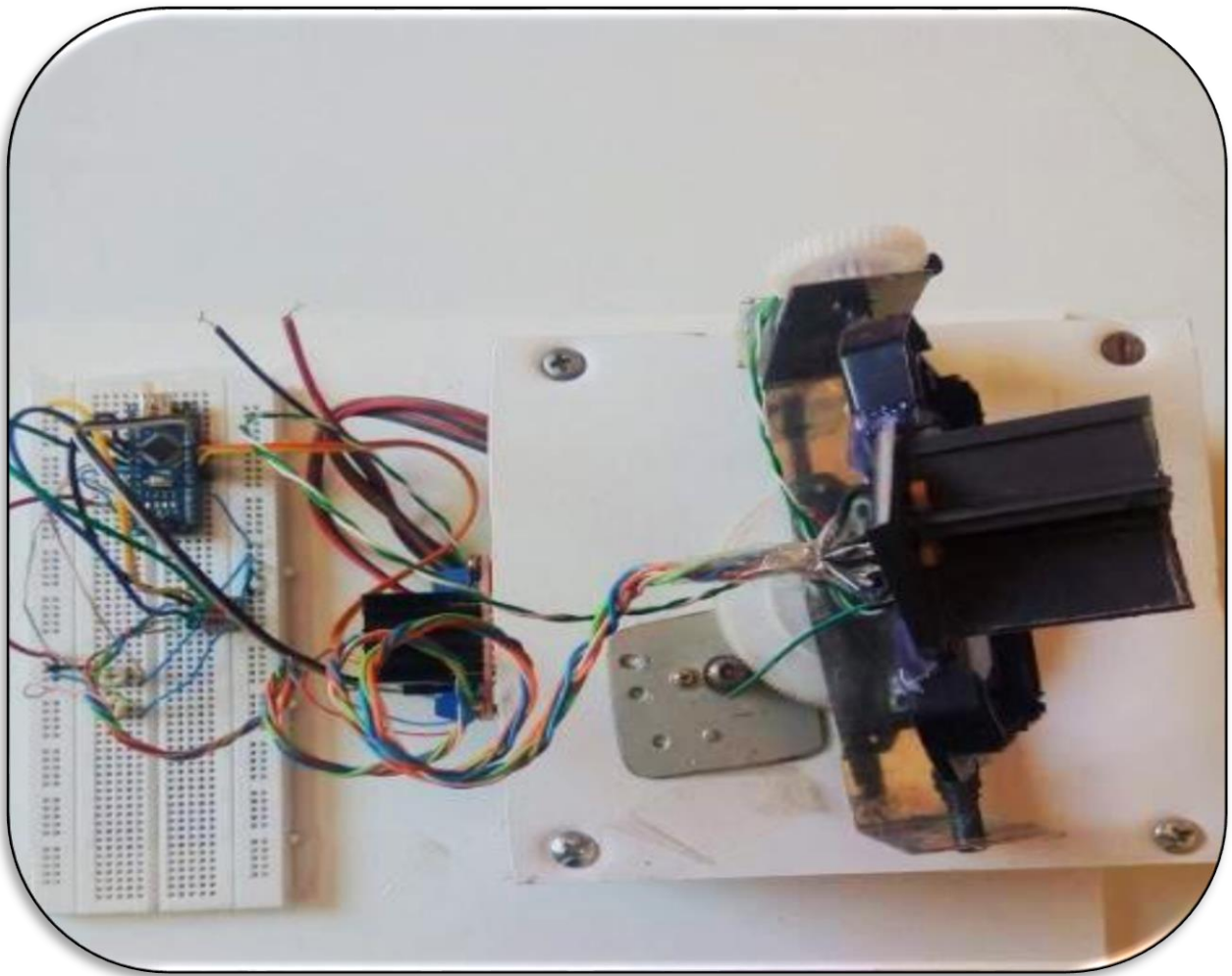


Figure (IV-1) : Les Composants globale de poursuit

IV.2.1.1- Les différents composants de poursuite

IV.2.1.1.1- Les capteurs de lumière

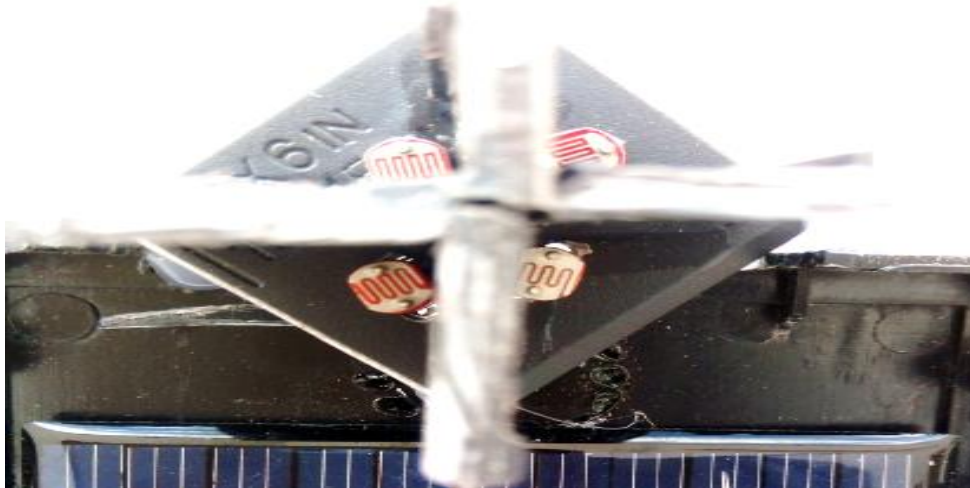


Figure (IV-2) : Les 04 capteurs de lumière

IV.2.1.1.2- La carte Arduino

On utilise dans cette réalisation carte Arduino nano présentée dans la Figure (IV-2).

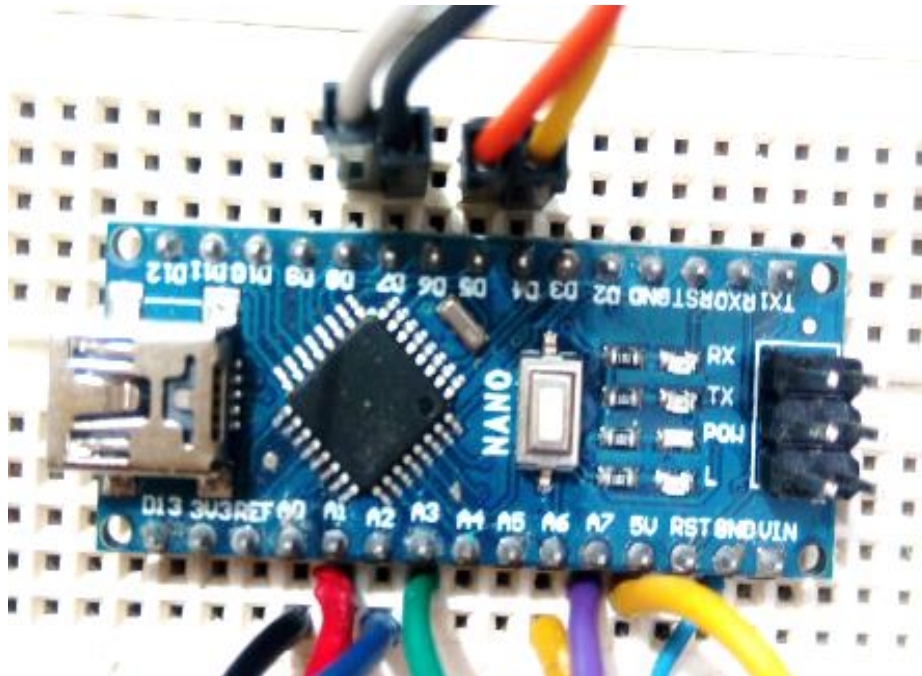


Figure (IV-3) : La carte Arduino

IV.2.1.1.3- Moteur DC

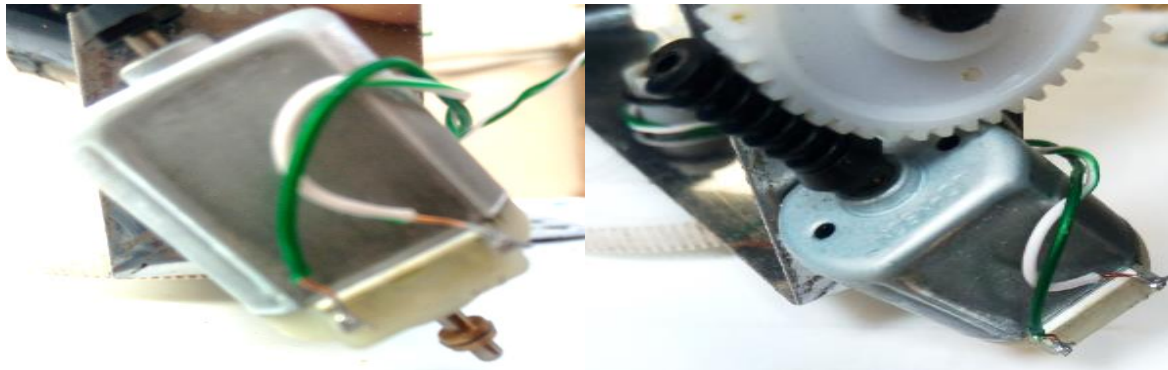


Figure (IV-4): Les 02 moteur DC

IV.2.2- Partie conception

IV.2.2.1- programmation de carte Arduino

On a installé cette carte par logiciel Arduino comme l'interface illustré dans la Figure (IV-4) :

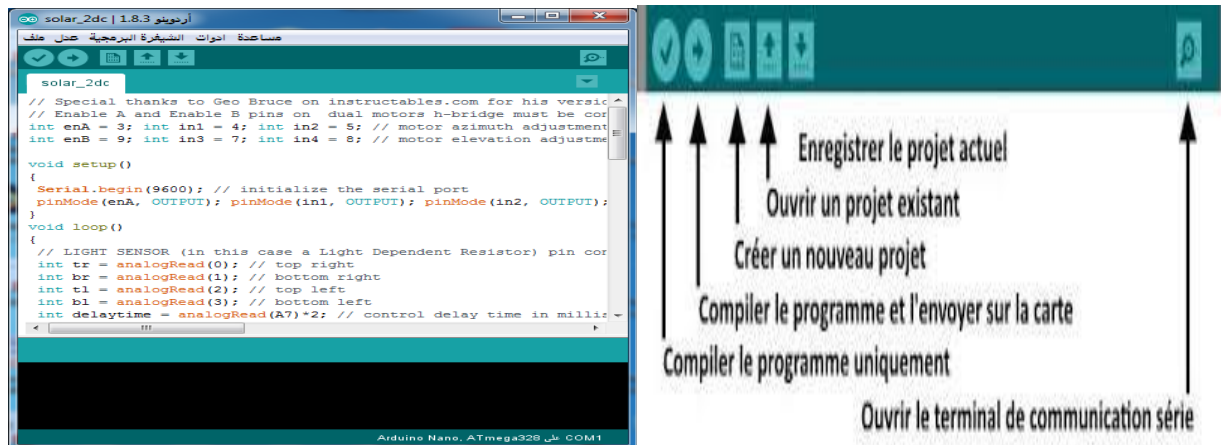


Figure (IV.5) :l'interface de logiciel Arduino et leur Installation.

IV.2.3- Partie électrique :

On réalise les trois étapes notée dans le troisième chapitre.

- en utilisant quatre leds (chaque LEDs indique représente une direction de rotation des deux moteurs) pour tester la connexion entre les capteurs et les actionneurs
- en utilisant deux moteurs DC pour tester les sens de la rotation.

- nous avons placé les capteurs dans chaque position pour cela, on à utiliser une buche de forme plus (+) pré-calculée, afin d'isoler les capteurs et pour couvrir toutes les directions et avoir une meilleurs précision.

IV.3- Partie comparative

IV.3.1- Spécification de la région d'El oued

IV.3.1.1- Présentation du site :

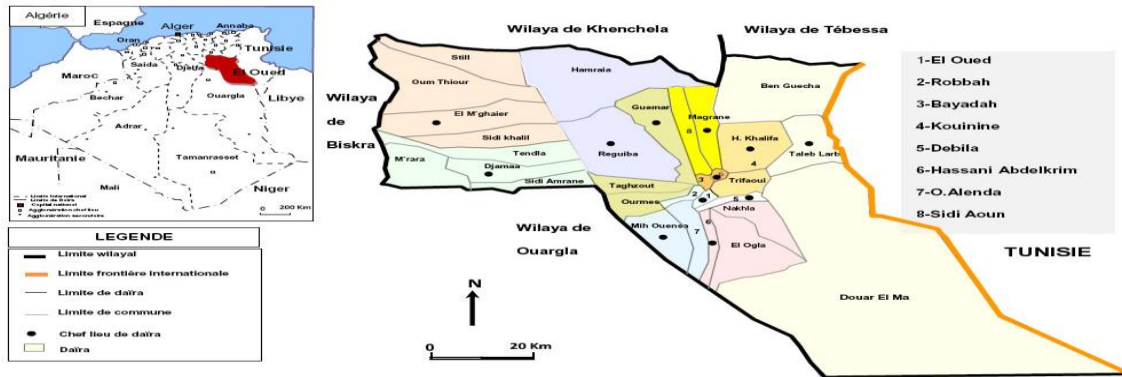


Figure (IV-6): Zone d'El oued

Elle est limitée :

- ✓ au Nord par les wilayas de khenchela, et Tébessa.
- ✓ à l'Est par la Tunisie.
- ✓ à l'Ouest par la wilaya de Biskra.
- ✓ au Sud par les wilayas d'Ouargla.

Les coordonnées géographiques d'el oued sont données :

Latitude : 33,36°Longitude : 6,86°

IV.3.1.2-L'installation

L'installation comporté :

- deux panneaux solaire type 150W, contient chaque panneau 36 cellules monocristalline.

Comme la figure (IV-7).

- deux voltmètres. – deux ampèremètres. – résistance variable comme la figure (IV-8).

On utilise dans cette étude comparative les deux panneaux PV. Un avec Tracker et l'autre fixe



Figure (IV-7) : les deux panneaux avec leur Plaque signalétique.



Figure (IV-8) : l'ampèremètre + voltmètre + la résistance variable

Au jour de 22/05/2018 c'était une journée ensoleillée et l'éclairement était apprécié 835 W/m²

Nous avons expérimenté au cours de cette journée et calculé le courant, la tension la puissance

Nous avons extrait les résultats illustrés dans les **Tableau IV.1** et **Tableau IV.2**

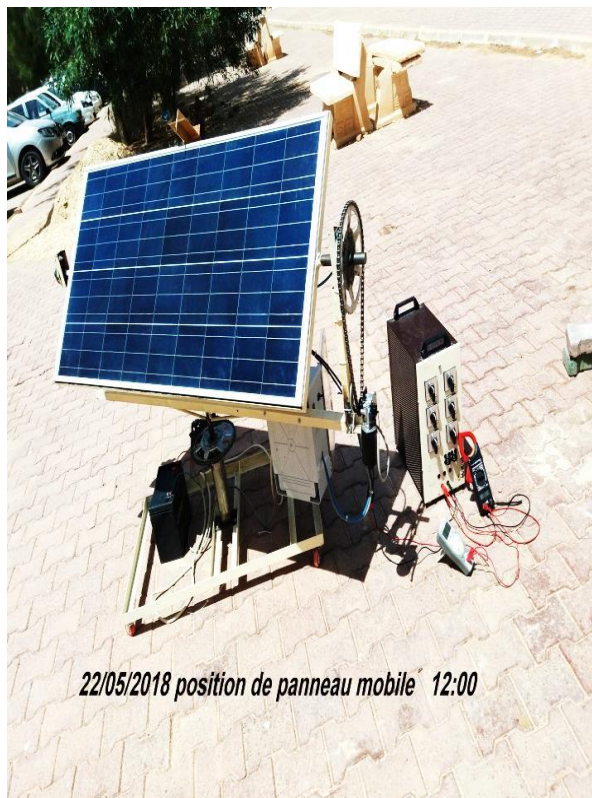


Figure (IV-9):Les positions des panneaux solaires pendant les mesures

IV.3.1.3 -Résultat de panneau fixe:

Type de panneau : monocristalline 150 W.

Tableau IV.1 Résultat obtenu pendant la mesure de panneau fixe

Heur	I(A)	V(volt)	P(w)
8:00	2.11	17.45	36.82
8:30	2.72	17.68	48.09
9:00	2.77	17.71	49.06
9:30	3.09	17.89	55.28
10:00	3.67	18.16	66.65
10:30	3.089	18.37	56.74
11:00	3.97	18.42	73.13
11:30	4.35	18.77	81.65
12:00	5.02	19.01	95.43
12:30	6.15	19.47	119.74
13:00	8.79	20.22	177.73
13:30	8.77	20.21	177.24
14:00	8.71	20.01	174.29
14:30	8.63	19.9	171.74
15:00	8.33	18.69	155.69
15:30	6.23	18.98	118.25
16:00	5.82	18.11	105.40
16:30	5.17	18.06	93.37
17:00	4.08	17.91	73.07

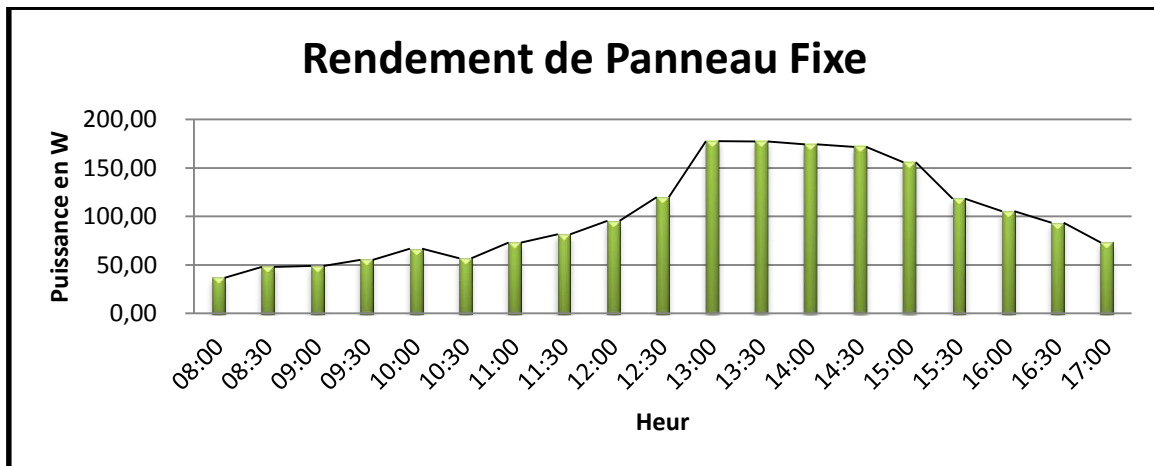


Figure (IV-10) : Rendement De Panneau Fixe

Nous pouvons voir que selon l'heure, le rendement n'est pas toujours maximal. Le rendement est maximal principalement entre 12h00 et 15h00.

IV.3.1.4 -Résultat de panneau mobile:

Type de panneau: monocristalline 150 W .

Tableau IV.2 Résultat obtenu pendant la mesure de panneau mobile

Heur	I(A)	V(volt)	P(w)
8:00	7.81	18.09	141.28
8:30	8.34	18.12	151.12
9:00	8.37	19	159.03
9:30	8.47	19.25	163.05
10:00	8.69	19.73	171.45
10:30	8.71	19.85	172.89
11:00	8.72	19.91	173.62
11:30	8.75	19.97	174.74
12:00	8.81	20.05	176.64
12:30	8.81	20.17	177.70
13:00	8.79	20.22	177.73
13:30	8.77	20.21	177.24
14:00	8.76	20.17	176.69
14:30	8.71	19.9	173.33
15:00	8.73	19.95	174.16
15:30	8.49	19.77	167.85
16:00	8.42	19.65	165.45
16:30	8.4	19.35	162.54
17:00	8.39	19.23	161.34

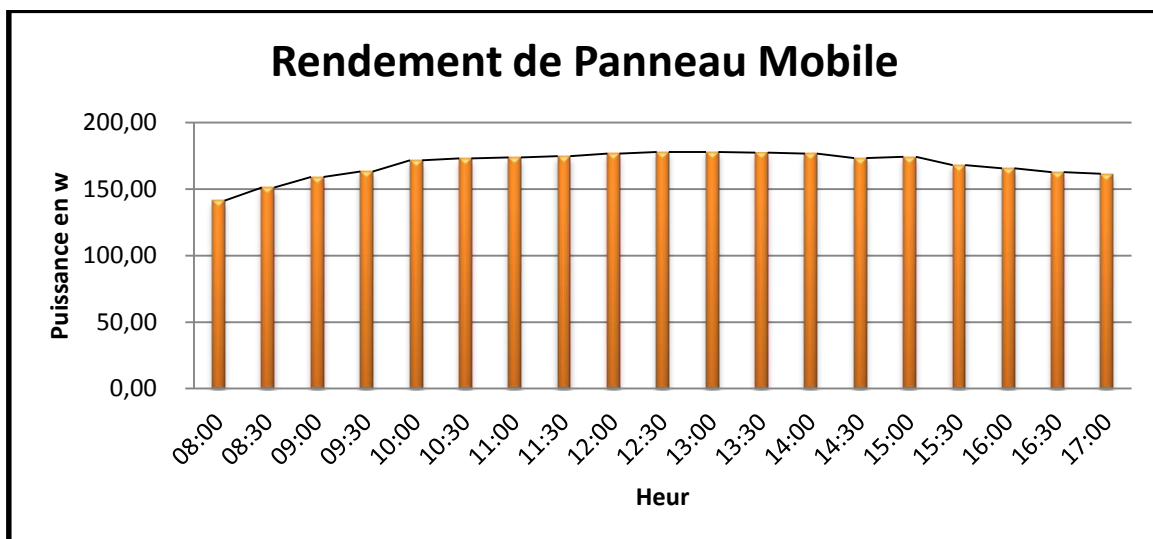


Figure (IV-11):Rendement De Panneau Mobile

Nous pouvons voir que le rendement est quasiment maximal quelle que soit l'heure de la journée,

Jusqu'à la couche du soleil. Cela est dû au fait que le panneau solaire suit exactement la trajectoire du soleil, aussi bien en azimut (d'Est en Ouest) qu'en hauteur (selon la saison). Ainsi, le rendement est optimisé.

IV.3.1.5 -Combiner les planificateurs pour clarifier la différence de rendement:

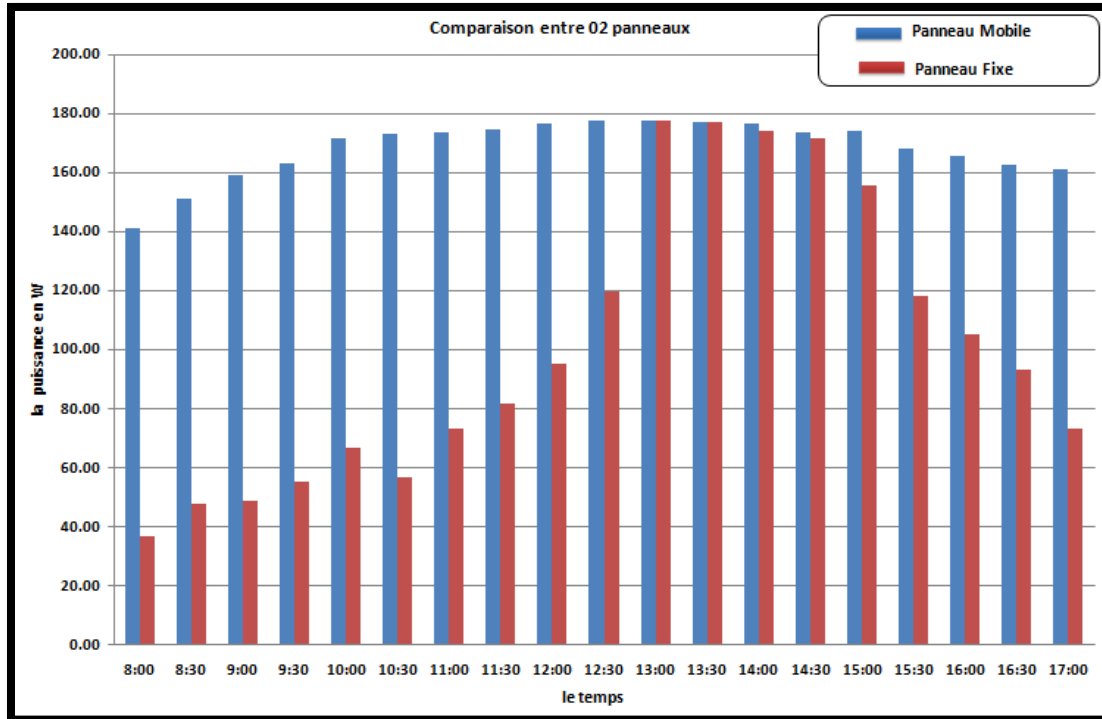


Figure (IV-12):Comparaison entre 02 panneaux

IV.4-Conclusion

Si on compare les rendements des deux installations, on peut voir d'après les deux Graphiques – qui indiquent l'allure de la puissance des installations au cours de journées. l'installation mobile sera plus puissante et de ce fait produira plus d'énergie.

Conclusion générale

Ce projet a été très instructif pour tous les membres du groupe, nous avons appris à comprendre l'énergie photovoltaïque et plus précisément les traqueurs solaires qui sont une véritable alternative en termes d'énergies renouvelables. En effet, comme il est dit dans le dossier, le rendement est beaucoup plus important.

Nous aurions aimé réaliser un Tracker solaire photovoltaïque mais nous nous sommes assez vite aperçu qu'un tel projet n'était pas envisageable, le temps et le coût nécessaire à une telle réalisation n'était pas dans nos cordes. Nous avons conçu une maquette de Tracker en tant que modèle avec les mêmes données et les mêmes composants utilisés dans tout grand Tracker solaire en fonction de nos capacités financières. Nous avons également fait une simple comparaison entre un système PV avec suiveur et une autre sans suiveur durant un jour.

Les mesures se déroulent de manière simultanée. C'est-à-dire, on mesure en même temps le courant, la tension et la puissance pour chaque installation. Pour observer la fluctuation du rendement Sur chaque mesure.

Le panneau, sur le support mobile, délivre plus d'énergie que celle obtenue si le panneau est fixe. On peut dire que cette nouvelle technique d'installation a plus de rendement que l'installation standard. L'inconvénient de ce nouveau système est qu'une partie de l'énergie obtenue est utilisée pour faire fonctionner les moteurs afin d'orienter le panneau.

L'avantage pour cette nouvelle technique est que le rendement augmente de plus en plus, lorsque le temps est beau (ensoleillement). Il est possible d'élargir ce système à grande échelle en effectuant une configuration matricielle. Le système de poursuite solaire doit être ajusté de sorte qu'il soit toujours visé avec précision face au soleil.

Référence bibliographique

- [1] A. Lyes, "Etude de la connexion au réseau électrique d'une centrale photovoltaïque,"
 - [2] BoufriouaAbderaouf, Étude de Système Photovoltaïque par Régulateur Logique Floue et Algorithme Génétique Centre Universitaire, El-Oued, 2010
 - [3] [http://www.lie.ucl.ac.be/multimédia/IEEE/FR/réalisations/Energie Renouvelables](http://www.lie.ucl.ac.be/multimédia/IEEE/FR/réalisations/Energie%20Renouvelables)
 - [4] Alain Ricaud, Gisement-solaire, Master Energies Renouvelables, Université de CERGY-PONTOISE, Jan-2011.
 - [5] A.Z.Mohamed, M.N.Eskander and F.A.Ghali, Fuzzy logic control based maximum power point Tracking of a wind Energy system, Renewable Energy 23, pp: 236-244, 2001.
 - [6] Revues : Systèmes solaires, l'observateur des énergies renouvelables: www.energies-renouvelables.org
 - [7] Institut national de l'énergie solaire (INES) : <http://www.institutsolaire.com>.
 - [8] <http://www.lie.ucl.ac.be>, " le pompage photovoltaïque " IEPF/Université d'Ottawa/ EIER/ CREPA, 1998.
 - [09] DAHMRI MOURAD, optimisation de l'ensemble onduleur, moteur et pompe branche sur un générateur PV, *Université Mentouri de Constantine*, 2007
 - [10] RACHID ABABOU, Élément d'hydrologie souterraine, version V.6-1, Toulouse, France, janvier 2007.
 - [11] Lorène Cure-Durif, Reda Drissi, Isabelle Guillabert, Anthony Trochet, Thomas Vaillant, Julie Zimmer «Innovation technologique : Traqueur Solaire photovoltaïque »,Projet de Physique P6 STPI/P6/2012 - n°7
 - [12] C.Zidani ,F.Benyarou, Simulation de la position apparente du soleil et estimation des energies Solaires incidentes sur un Capteur Plan pour la Ville de Tlemcen en Algérie. *Rev.Energ.Ren*, Vol.6, pp69-76,2003.
 - [13] Mlle BENMOHAMMADI Zahra, Etude, conception et réalisation d'une commande d'un tracker solaire (suiveur solaire) RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDE 2013-2014.
 - [14] Optoelectronic detectors, Dr. Heiner Ryssel, Indian Institute of Technology, Madras 9th INDO –German Winter Academy 2010.
 - [15] <http://www.gotronic.fr/art-carte-arduino-uno-12420.htm>.
-

Titre du mémoire : L'influence de système poursuite sur le panneau solaire

Master : Energie renouvelable

Mots-clés : Energie solaire, photovoltaïque, puissance, poursuit solaire

Résumé

Résumé :

L'énergie solaire est l'une des ressources d'énergie. Elle est pratiquement inépuisable, N'implique aucun résidu de pollution ou émission de gaz participant à l'effet de serre. Cette énergie peut être utilisée de deux façons : l'énergie solaire photovoltaïque et l'énergie solaire thermique.

Dans cette étude l'énergie solaire photovoltaïque, utilisée sous forme électrique à partir d'un Phénomène physique qui consiste à la conversion directe du rayonnement solaire en énergie Électrique, Nous souhaitant au moyen d'un module PV obtenir un rendement maximal et cela lorsqu'il est maintenu perpendiculaire aux rayons solaires, mobile suivant deux axes de rotation Horizontal et vertical Pour cela nous avons réalisé de poursuite de la trajectoire du soleil le long de la journée.

Mots clés : Energie solaire, photovoltaïque, puissance, poursuit solaire

ملخص.

عنوان المذكرة تأثير المتتبع الشمسي علي مردود اللوحة الشمسية
الكلمات الافتتاحية: طاقة شمسية, كهروضوئية, الاستطاعة, متعقب شمسي.

ملخص:

تعتبر الطاقة الشمسية احد مصادر الطاقة غير المنتهية والتي ليس لها أي تأثير سلبي على البيئة كما يمكن استعمال هاته الاخيرة بطريقتين مختلفتين/ طاقة شمسية حرارية وطاقة شمسية فوتونية بحيث نوجه هذه الدراسة على الطاقة الشمسية الفوتونية والتي تستعمل لإنتاج الطاقة الكهربائية وذلك من خلال ظاهرة فيزيائية تدعى الفعل الكهروضوئي التي تعتمد على التحويل المباشر للاشعة الشمسية الى طاقة كهربائية بواسطة الصفيحة الكهروضوئية بحيث هذه الاخيرة يكون انتاجها اكثر واقصى عندما تكون عمودية بالنسبة لاشعة الشمس هذه الصفيحة ترتكز على محورين للدوران افقي وعمودي. لهذا انجزنا جهاز تتبع الشمس على طول اليوم.

Abstract

Report title: The influence of tracking system on the solar panel

Solar energy is one of the unexpired sources of energy that has no adverse effect on the environment. The latter can be used in two different ways: solar thermal energy and photonic solar energy. This study is directed at photonic solar energy, which is used to produce electrical energy through a physical phenomenon called the verb Which depends on the direct conversion of solar radiation to electrical energy by the PV plate so that the latter have a maximum output when vertical for the sun This plate is based on the axes of horizontal and vertical rotation. This is why we have completed the sun tracking device throughout the day.

Keywords: Solar Energy, Photovoltaics, Capacity, Solar Tracker