



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM

Faculté des Sciences & Technologies

Département de génie électrique



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de : MASTER
Spécialité : Energie renouvelable en électrotechnique

Par
TOUMI Soumia
GRIB Naima

Le thème

**Etude et dimensionnement d'installation PV de
l'école primaire dans la wilaya de rilizane.**

Soutenu le 14/07/2021 devant le jury composé de :

Encadreur : BOUTLILIS Fatima	MCB	Université ST
Co-encadreur : BEKKOUCH Benaissa	Pr	Université ST
Président : BAGHDAD Hadri	Pr	Université ST
Examineur : BENDAHA Mourad	MAA	Université ST

Année universitaire: 2020/2021

Remerciement

Le plus grand merci s'adresse au bon Dieu, le tout puissant de nous avoir accordé le courage et la volonté pour accomplir ce travail.

Nous remercions nos familles et tous nos amis qui nous ont toujours encouragé et soutenu durant toutes nos études.

Ce travail a été effectué sous la direction de Monsieur BEKKOUCHE.B et Madame BEKKOUCHE, nous nous exprimons particulièrement toutes nos reconnaissances pour nous avoir fait bénéficier de ces compétences scientifiques, ses qualités humaines et sa constante disponibilité.

Aussi, nous remercions F.A fondateur et directeur de production de la Sarl PSI, nos maître de stage qui nous a formé et accompagné tout au long de cette expérience professionnelle avec beaucoup de patience et de pédagogie.

Nous remercions les membres de jury qui ont bien voulu accepter

D'examiner ce mémoire et à cet égard nous leur présentons nos

Profonds respects, et notre grande gratitude.

Nous rendons grâce à tous les enseignants du département Génie électrique, qui nous ont suivis durant notre cursus, et tous ceux qui ont contribué, à ce que ce travail prenne forme.

Dédicace

À nos chers parents, pour leurs sacrifices, et leurs conseils judicieux.

*A F.A fondateur et directeur de production de la sarl PSI, nos maître
de stage qui nous encouragent beaucoup.*

A nos frères et sœurs, nos famille.

*À tous nos amis à l'université de Abdelhamid ibn badis de
Mostaganem et ailleurs, pour moment agréable que nous avons
passés ensemble.*

À tous ceux qui nous aidés durant notre formation.

Résumé

L'accès à l'énergie constitue une priorité stratégique dans le monde entier et avec la forte consommation de l'énergie qui est due principalement à la croissance démographique, le développement industriel, transport,.....etc. Les pays sont amenés à revoir leurs politiques énergétiques tout en utilisant un mix-énergétique en s'appuyant sur les énergies renouvelables.

L'exploitation des énergies renouvelables dans un pays comme l'Algérie est une nécessité absolue. C'est pour cela que l'Algérie, amorce un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. L'objectif de cette étude est de savoir la stratégie poursuivie par l'Algérie afin d'encourager l'implantation des énergies renouvelables dont la plupart des projets (Etatiques ou privés) concernent la production et l'installation des panneaux solaire photovoltaïque.

ملخص

يعد الحصول على الطاقة أولوية إستراتيجية في جميع أنحاء العالم ومع ارتفاع استهلاك الطاقة والذي يرجع أساسًا إلى النمو السكاني والتنمية الصناعية والنقل... الخ. يتعين على البلدان مراجعة سياسات الطاقة الخاصة بها أثناء استخدام مزيج الطاقة القائم على الطاقات المتجددة. إن استغلال الطاقات المتجددة في بلد كالجزائر ضرورة مطلقة. ولهذا السبب تطلق الجزائر برنامجًا طموحًا لتنمية الطاقات المتجددة وكفاءة الطاقة. تهدف هذه الدراسة إلى معرفة الإستراتيجية التي تنتهجها الجزائر لتشجيع إنشاء الطاقات المتجددة ، والتي تتعلق معظم المشاريع (الحكومية أو الخاصة) بإنتاج وتركيب الألواح الشمسية الكهروضوئية .

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Nomenclature

Introduction générale..... 1

Chapitre 1 : Généralité sur l'énergie renouvelable

1.1 Introduction	2
1.2 Définition.....	2
1.3 Les type d'énergies renouvelables.....	2
1.3.1 L'énergie éolienne.....	2
1.3.1.1 Définition	2
1.3.1.2 Principe de fonctionnement.....	2
1.3.2 L'énergie géothermique.....	3
1.3.2.1 Définition	3
1.3.2.2 les types d'installation géothermique	3
1.3.2.3 Principe de fonctionnement	4
1.3.3 L'énergie hydraulique.....	4
1.3.3.1 Définition	4
1.3.3.2 Principe de fonctionnement.....	4
1.3.4 Biomasse	5
1.3.4.1 Définition	5
1.3.4.2 Principe de fonctionnement	5
1.3.5 Energie nucléaire	6
1.3.5.1 définition	6
1.3.5.2 Principe de fonctionnement	6
1.3.6 Energie solaire	7
1.3.6.1 définition	7
1.3.6.2 les types d'énergie solaire	7
1.3.6.3 Modèle de coordonnées solaire	9
1.5 Les énergies renouvelables dans le monde	12
1.6 Conclusion	12

Chapitre 2: Généralité sur l'énergie photovoltaïque.

2.1 Introduction	13
2.2 Historique.....	13
2.3 Généralités sur le système solaire.....	13
2.3.1 L'irradiation et l'éclairement.....	13
2.3.1.1 l'irradiation	13
2.3.1.2 l'éclairement	13
2.3.2 Les rayonnement solaire.....	13
2.3.2.1 Rayonnement direct	13
2.3.2.2 Rayonnement diffus	14

2.3.2.3 Rayonnement réfléchi	14
2.3.2.4 Rayonnement globale	14
2.3.3 Spectre solaire.....	14
2.4 L'effet photovoltaïque	15
2.5 Panneau photovoltaïque	15
2.6 Principe de fonctionnement de panneau photovoltaïque.....	15
2.7 Les caractéristiques électriques de panneau photovoltaïque.....	16
2.8 L'association de panneau photovoltaïque.....	18
2.8.1 Association en série.....	18
2.8.2 Association en parallèle.....	19
2.9 Les type de cellule photovoltaïque.....	21
2.9.1 La cellule photovoltaïque en silicium monocristallin.....	21
2.9.2 La cellule photovoltaïque en silicium poly-cristallin.....	21
2.9.3 La cellule photovoltaïque au silicium amorphe.....	21
2.10 L'installation et la protection.....	22
2.10.1 l'installation et le choix de site.....	22
2.10.2 l'inclinaison.....	22
2.10.3 orientations.....	22
2.10.4 installations solaires.....	23
2.10.4.1 Branchement au régulateur.....	23
2.10.5 protections contre la foudre et mise à la terre.....	24
2.11 Système photovoltaïque (PV).....	24
2.12 Classification des systèmes PV	25
2.12.1 Système PV autonome.....	25
2.12.1.1 Définition	25
2.12.1.2 Les type de systèmes PV autonomes	26
2.12.2 Système PV à injection aux réseaux.....	26
2.12.2.1 Définition	26
2.12.2.1 classe des systèmes raccordés aux réseaux	26
2.13 Commande MPPT.....	27
2.14 Classification de commande MPPT.....	27
2.14.1 MPPT indirectes.....	27
2.14.2 MPPT directes	27
2.14.2.1 La méthode perturbe & observe (P &O)	27
2.14.2.2 Algorithme basé sur le mode glissant	27
2.14.2.3 Algorithme basé sur la logique floue, adaptative	27
2.14.2.4 Algorithme basé sur les réseaux de neurones, neuro-flou	27
2.15 Potentiel solaire du Algérie	28
2.16 Conclusion	28

Chapitre 3 : Etude et dimensionnement d'une installation photovoltaïque au niveau d'école primaire de W.Relizane.

3.1 Introduction	29
3.2 Un programme national de réalisation de 1541 écoles dotées de l'énergie solaires.....	29
3.2.1 Projet dans la wilaya de Relizane	29

3.2.2 Les espaces à alimenter (analyse environnementale).....	30
3.2.3 Compréhension et évaluation des besoins.....	30
3.2.4 Choix du système le mieux adapté.....	30
3.2.5 Faisabilité technique	31
3.2.6 Installation de système photovoltaïque des écoles primaire de relizane.....	31
3.3Déroutement des taches de réalisation assistées pendant le stage	32
3.3.1 Présentation de site	34
3.3.2 Le schéma électrique d'installation utilisé dans l'école (Martyr ABID HABIB)...	34
3.3.3Principe de fonctionnement.....	35
3.4 Estimation des besoins journaliers	35
3.5 Détermination d'irradiation du site pour le dimensionnement.....	37
3.5.1 La période d'ensoleillement	37
3.5.2 Coefficient de perte.....	38
3.6Détermination et importance de l'orientation des panneaux	38
3.6.1 Orientation et inclinaison.....	38
3.6.2 Déterminations de la puissance crête des panneaux	38
3.6.2.1 Calcul pratique de la puissance photovoltaïque.....	38
3.6.2.2 Nombre de panneaux	39
3.6.3 Dimensionnement et calcul le nombre de batterie	39
3.6.3.1Profondeur de décharge	40
3.6.3.2La capacité de batterie	40
3.6.3.3Nombre de batterie	40
3.6.4Dimensionnement de l'onduleur	40
3.6.5 Calcule de la section des câbles.....	41
3.7 Étude de faisabilité.....	43
3.8 Conclusion.....	44

Chapitre 4 : Simulation d'un système PV hybride en auto sommation.

4.1 Introduction	45
4.2 Étude de projet avec le logiciel HOMER.....	45
4.2.1 Présentation du logiciel.....	45
4.2.2 Présentation des différentes configurations étudiées.....	45
4.2.3 Les étapes a considérez pour la simulation.....	46
4.3Conclusion	51
Conclusion générale.....	52

Liste des figures

Figure (1.1): principe de fonctionnement d'un éolien.....	3
Figure (1.2) : l'énergie géothermique.....	4
Figure (1.3) : l'énergie hydraulique	5
Figure (1.4) : principe de fonctionnement d'une centrale biomasse	6
Figure (1.5) : fonctionnement d'un réacteur nucléaire	7
Figure (1.6) : fonctionnement d'un chauffe-eau à capture solaire	7
Figure (1.7) : fonctionnement d'un panneau photovoltaïque	8
Figure (1.8) : système solaire thermodynamique	9
Figure (1.9) : longitude et latitude.....	9
Figure (1.10) : passage du soleil méridien (le soleil est au-dessus de l'équateur, nous sommes au printemps ou en été)	10
Figure (1.11) : l'angle horaire ω_o	11
Figure (1.12) : représentation de l'azimut et la hauteur angulaire	12
Figure (2.1) : Le rayonnement solaire	14
Figure (2.2) : Spectre solaire à la surface de la terre d'après	14
Figure (2.3) : Effet photovoltaïque	15
Figure (2.4) : Le principe de la cellule photovoltaïque	16
Figure (2.5) : Caractéristique I(V) et P(V) de module PV	17
Figure (2.6) : Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque réelle	18
Figure (2.7) : Branchement de panneaux solaire en série	18
Figure (2.8) : Caractéristiques électrique (U et I) des modules branchés en série	19
Figure (2.9) : Branchement de panneaux solaire en parallèle.....	19
Figure (2.10) : Caractéristiques électrique (U et I) des modules branchés en parallèle	19
Figure (2.11) : Courbe d'association mixte	20
Figure (2.12) : Branchement les cellules avec diodes	20
Figure (2.13) : Une cellule photovoltaïque en silicium monocristallin	21
Figure (2.14) : Une cellule photovoltaïque en silicium poly cristallin	21
Figure (2.15) : Une cellule photovoltaïque en silicium amorphe	22
Figure (2.16) : Inclinaison de panneau solaire	22
Figure (2.17) : Branchement au régulateur	23
Figure (2.18) : Système photovoltaïque plus détaillé	25
Figure (2.19) : Schéma d'un système autonome	26
Figure (2.20) : Système de pompe PV	26
Figure (2.21) : carte de l'irradiation directe annuelle moyenne (période 2002-2011).....	29
Figure (3.1) : Schéma de principe d'un site raccorde au réseau.....	31

Figure (3.2) : l'armoire électrique.....	32
Figure (3.3) : la fixation de la structure porteuse de panneaux.....	32
Figure (3.4) : l'installation de panneaux photovoltaïque dans l'école (Abid Habib).....	33
Figure (3.5) : les boites de jonction.....	33
Figure (3.6) : Localisation de la commune dans la wilaya de Relizane.....	34
Figure (3.7) : Schéma électrique de Système C de 12 panneaux.....	34
Figure (3.8) : Carte d'enselement	37
Figure (4.1) : Interface de logiciel de HOMER.....	46
Figure (4.2) : Irradiation solaire (Mazouna).....	46
Figure (4.3) : profil journalier de la courbe de charge	47
Figure (4.4) : Résumé des coûts de panneaux, batteries et onduleurs	47
Figure (4.5): Le flux de trésorerie de système	48
Figure (4.6) : La production électrique de panneau solaire	48
Figure (4.7) : Pénétration renouvelable.....	49
Figure (4.8) : Caractéristique de la batterie.....	49
Figure (4.8) : l'énergie sortant de PV panneau solaire.....	50
Figure (4.9) : Caractéristiques de convertisseur.....	50

Liste des Tableaux

Tableau (2.1) : L'inclinaison et l'orientation de panneaux solaire photovoltaïque	23
Tableau (3.1) : Répartition des puissances de consommation énergétique en KW par type de système selon le nombre de classes de chaque école	31
Tableau (3.2) : Différents appareils de consommation	35
Tableau (3.3) : Les besoins du système PV dans les temps	37
Tableau (3.4) : Quelques caractéristiques des panneaux.....	39
Tableau (3.5) : Caractéristique des batteries	40
Tableau (3.6) : Caractéristique de l'onduleur.....	41
Tableau (3.7) : Section du câble.....	42
Tableau (3.8) : Devis d'installation du système photovoltaïque.....	43

Nomenclature

Symbole	Unité	Définition
Φ	(°)	Latitude
Λ	(°)	La longitude du lieu
Δ	Degré	C'est l'angle fait par le plan de l'équateur avec celui de l'écliptique.
N	-	Le nombre des jours de l'année
Φ	(°)	Latitude
H	(°)	Angle horaire du soleil
Ψ	-	L'azimut
W	(°)	L'angle horaire
B	(°)	Angle d'inclinaison
ε	-	Correction de la distance solaire
θ	(°)	L'angle d'incidence
A	-	L'orientation
H	Wh/ m ²	L'irradiation
G	W/m ²	L'éclairement
Voc	V	Tension de circuit-ouvert
Icc	A	Courant de court-circuit
Is	A	Courant de sortie
Mpp	W	Puissance maximal fournie par la cellule
Pm	W	Puissance maximal
Vm	V	Tension maximal fournie par la cellule
Im	A	Courant maximal fournie par la cellule
H	-	Rendement de la cellule
Pin	W	Puissance solaire incidente
Ff	-	facteur de forme
MPP	W	Le point de puissance maximum
Impp	A	Le courant de puissance maximale
Vmpp	W	La tension de puissance maximale
Et	Wh /j	La consommation totale journalière d'énergie
P	W	Puissance du récepteur
T	h/j	Temps d'utilisation du récepteur par jour
N	-	Nombre de récepteur
Bj	Wh	Besoins journalier
Bh	Wh	Besoins hebdomadaire
Bm	Wh	Besoins mensuels
Ba	Wh	Besoins annuels
Esol	Wh/m ² /j	L'enseillement du sit
Ne	h/jour	Nombre d'heures équivalentes
Cp	-	Les pertes électriques
Ep	W	L'énergie de production
Pc	Wc	Puissance crête
Nc	-	Irradiation moyenne de 5.8 kwh/m ²
Np	-	Nombre de panneaux
C	Ah	Capacité de la batterie
Et	Wh	Energie totale
N	-	Nombre de jour d'autonomie
U	v	La tension
Pg	Wh	Puissance globale
Pb	Wh	Puissance de batterie
Nb	-	Nombre de batterie
Ec	Wh/j	Energie de consommation
S	mm ²	Sexions des câbles
P	Ohm mm ² /m	Résistivité de câble
R	Ω	La résistance
I	ADC	Intensité du courant électrique
L	m	Longueur du câble électrique
E	%	Chute de la tension
V	V	Tension de système

Introduction générale

Alors que l'on est confronté à une réduction des ressources primaires fossiles, la consommation énergétique mondiale augmente d'environ 2% par an, c'est ainsi que la production d'énergie reste un élément stratégique à long terme. Par ailleurs, la consommation de ces énergies fossiles produit des déchets solides et des émissions de gaz qui contribuent fortement à des effets admis comme étant à risques majeurs concernant l'avenir de notre planète.

En vertu du Protocole de Kyoto, du plan de Bali, des accords de Cancun et certainement de ce qui ressortira de la conférence de Durban l'utilisation de quelques ressources conventionnelles comme le charbon, le pétrole, l'énergie nucléaire... seraient limitée ou découragée pour des raisons liées à l'environnement. Les énergies renouvelables devront jouer alors un rôle de plus en plus important.

Par énergie renouvelable, on entend des énergies issues du soleil, du vent, de la chaleur de la terre, de l'eau ou encore de la biomasse et tout autre type d'énergie propre et inépuisable. Dans ce travail nous nous sommes intéressés à l'énergie solaire photovoltaïque(PV) hybride relié au réseau puisque notre objectif est de concevoir un système de ce type afin d'alimenter des écoles primaire de wilaya de Relizane.

L'énergie photovoltaïque est une possibilité de développement efficace et durable. C'est pour cela que les recherches scientifiques se développent dans le sens de généraliser, améliorer et optimiser l'exploitation des systèmes solaires. L'optimisation des systèmes solaires est basée sur des critères de dimensionnement et de maximisation de la puissance générée pour avoir un bon rendement.

L'élaboration de ce travail s'appuiera sur trois chapitres, dont le premier concernera une généralité sur les énergies renouvelables, les différents types d'énergie renouvelable et fini ce chapitre par les types d'énergie solaire et modèle de coordonnées solaire.

Le deuxième chapitre abordera généralité sur l'énergie photovoltaïque, le principe de fonctionnement et caractéristique électrique des panneaux photovoltaïque, ensuite fait l'installation et la protection et la classification des systèmes PV et fini ce chapitre par ma commende MPPT et classification de ce commande.

Dans le troisième chapitre, étude de système C de programme MICLAT dans la wilaya de relizane, estimation de besoin journaliers et dimensionnement du système photovoltaïque et étude de faisabilité par la méthode analytique en choisissant école Abid Hbib située dans la commune Mazouna de wilaya de Rilizane.

Dans le dernier chapitre nous avons choisi le logiciel Homer comme outil de dimensionnement, afin de faire une analyse comparative entre la méthode analytique et par une simulation de l'école Abid Hbib.

Enfin, nous terminons ce mémoire par une conclusion qui résume notre étude ainsi que les principaux résultats qui sont mentionnés.

Chapitre 1 : Généralité sur l'énergie renouvelable.

1.1 Introduction

Ces dernières années, le développement et l'utilisation des énergies renouvelables ont connu une forte croissance. Dans 20 à 30 ans, tout système énergétique durable sera basé sur l'utilisation rationnelle de l'énergie traditionnelle et sur une utilisation accrue des énergies renouvelables. Dispersez-vous naturellement et réalisez-les en réalisant l'aménagement des lieux de consommation en les convertissant directement en chaleur ou en électricité selon les besoins. La production décentralisée d'électricité à partir d'énergies renouvelables offre aux consommateurs une plus grande sécurité tout en respectant l'environnement. Cependant, le caractère aléatoire de l'énergie impose des règles particulières sur l'échelle et le fonctionnement du système de récupération d'énergie.

Les énergies renouvelables sont des sources d'énergie dont le renouvellement naturel est assez rapide pour qu'elles puissent être considérées comme inépuisables à l'échelle du temps humain. Elles proviennent de phénomènes naturels cycliques ou constants induits par les astres : le Soleil essentiellement pour la chaleur et la lumière qu'il génère, mais aussi l'attraction de la Lune (marées) et la chaleur générée par la Terre (géothermie). Leur caractère renouvelable dépend d'une part de la vitesse à laquelle la source est consommée, et d'autre part de la vitesse à laquelle elle se renouvelle.

1.2 Définition

Une énergie est dite renouvelable lorsqu'elle est produite par une source que la nature renouvelle en permanence, contrairement à une énergie dépendant de sources qui s'épuisent. Les énergies renouvelables sont très diverses mais elles proviennent toutes de deux sources naturelles principales :

- ✚ **le Soleil** : il émet des rayonnements transformables en électricité ou en chaleur, il génère des zones de températures et de pression inégales à l'origine des vents, il engendre le cycle de l'eau, il permet la croissance des plantes et la génération de la biomasse ;
- ✚ **la Terre** : dont la chaleur interne peut être récupérée à la surface. [1]

1.3 Les Types d'énergies renouvelables

1.3.1 L'énergie éolienne

Energie du vent, a progressé, offshore et on shore, avec une technologie en amélioration régulière. Les plus hautes éoliennes atteignent 170 mètres, avec des rotors d'un diamètre de plus de 150 mètres.

1.3.1.1 Définition

Une éolienne est un dispositif qui transforme l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, dite énergie éolienne, laquelle est ensuite le plus souvent transformée en énergie électrique. Les éoliennes produisant de l'électricité sont appelées aérogénérateurs, tandis que les éoliennes qui pompent directement de l'eau sont parfois dénommées éoliennes de pompage ou pompe à vent. Une forme ancienne d'éolienne est le moulin à vent. [2]

1.3.1.2 Principe de fonctionnement

Une éolienne produit de l'électricité grâce au vent qui met en mouvement un rotor, permettant sa transformation en énergie mécanique. La vitesse de rotation de l'arbre entraîné par le mouvement des pales est accélérée par un multiplicateur. Cette énergie mécanique est ensuite transmise au générateur.

Un transformateur situé à l'intérieur du mât élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur, pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes à moyenne tension du réseau électrique.

Un parc éolien est constitué de plusieurs éoliennes espacées de plusieurs centaines de mètres et connectées entre elles par un réseau interne souterrain et raccordées au réseau public par l'intermédiaire d'un poste de livraison.

Pour pouvoir démarrer, une éolienne nécessite une vitesse de vent minimale d'environ 10 à 15 km/h. Pour des questions de sécurité, l'éolienne s'arrête automatiquement de fonctionner lorsque le vent dépasse 90 km/h. La vitesse optimale est de 50 km/h. [3]

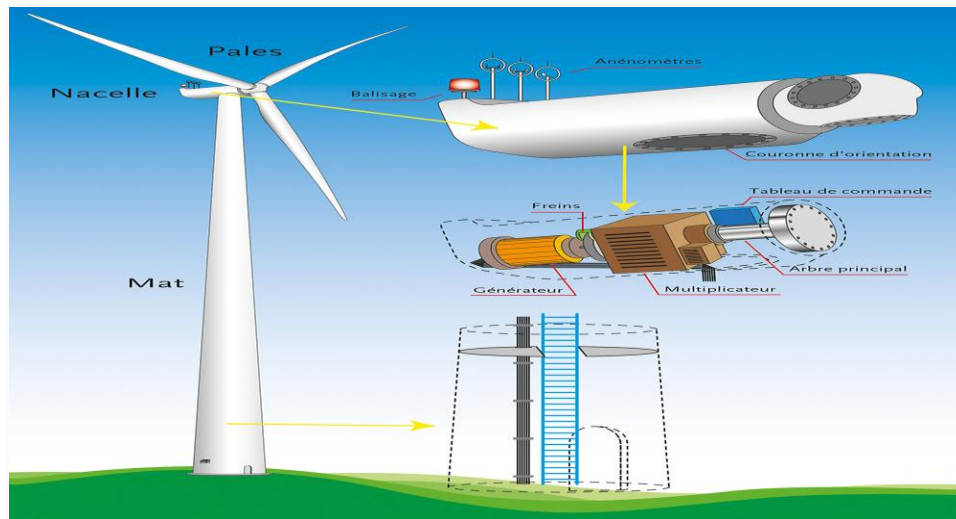


Figure 1.1 : principe de fonctionnement d'un éolien.

1.3.2 L'énergie géothermique

1.3.2.1 Définition

Utiliser l'énergie géothermique consiste à exploiter ce flux de chaleur naturelle pour le transformer en chauffage ou en électricité. La géothermie ne dépend pas des conditions atmosphériques (contrairement à l'énergie éolienne ou solaire par exemple), ce qui permet de l'utiliser d'une manière continue et durable lorsqu'elle est bien exploitée. [4]

1.3.2.2 Les types d'installation géothermique

a. Les pompes à chaleur

Elles se servent de l'énergie géothermique de surface pour servir au chauffage.

b. Les installations hydrothermales

Elles exploitent les sources d'eau naturellement chaude, et servent pour le chauffage ou la production d'électricité (pour les sources en profondeur).

c. Les installations pétrothermales

C'est la solution qui peut être utilisée quand il n'y a pas de source thermique. Il s'agit alors de géothermie profonde. [4]

1.3.2.3 Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement de la géothermie se caractérise par l'exploitation de la chaleur contenue dans la croûte et les couches superficielles de la terre. Ainsi pour comprendre, il faut distinguer ses deux principes : la géothermie de surface et la géothermie profonde.

* D'une part, le principe de fonctionnement de la géothermie de surface exploite la récupération de la chaleur en hiver et de la fraîcheur en été dans la couche superficielle du sol. Cette énergie est exploitée facilement pour des besoins thermiques en utilisant l'inertie thermique du sol comme énergie renouvelable.

* D'autre part, le principe de fonctionnement de la géothermie profonde consiste à capter la chaleur de la croûte terrestre pour produire du chauffage en récupérant l'eau circulant dans des couches géologiques jusqu'à plusieurs milliers de mètres de profondeur. Cette eau est captée sous forme liquide ou de vapeur pour produire du chauffage et/ou de l'électricité. Pour couvrir toute la gamme des besoins et des configurations des habitations à chauffer, trois technologies sont initialement utilisées : les systèmes à détente directe sol/sol, la technologie mixte sol/eau et le système eau/eau. [5]

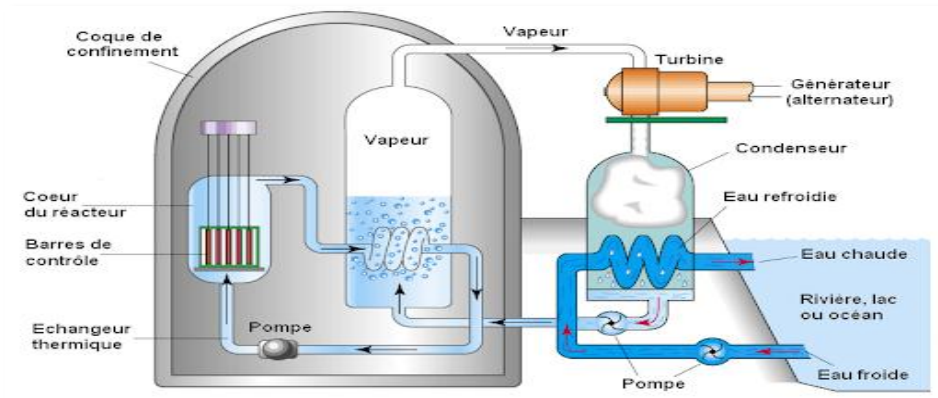


Figure 1.2 : l'énergie géothermique.

1.3.3 L'énergie hydraulique

1.3.3.1 Définition

L'énergie hydraulique est une énergie renouvelable très faiblement émettrice de gaz à effet de serre. Cette source d'énergie renouvelable exploite les mouvements de l'eau actionnés par le Soleil et la gravité à travers le cycle de l'eau, les marées et les courants marins.

1.3.3.2 Principe de fonctionnement

L'énergie électrique est produite par la transformation de l'énergie cinétique de l'eau en énergie électrique par l'intermédiaire d'une turbine hydraulique couplée à un générateur électrique. Pour les barrages par accumulation la quantité d'énergie disponible, sur une période donnée, dans la réserve d'eau d'un barrage dépend de son volume, des apports et pertes naturels sur la période et de la hauteur de chute. Pour les barrages au fil de l'eau la quantité d'énergie produite est directement liée au débit (m^3/s , m^3/h , m^3/j , m^3/an).

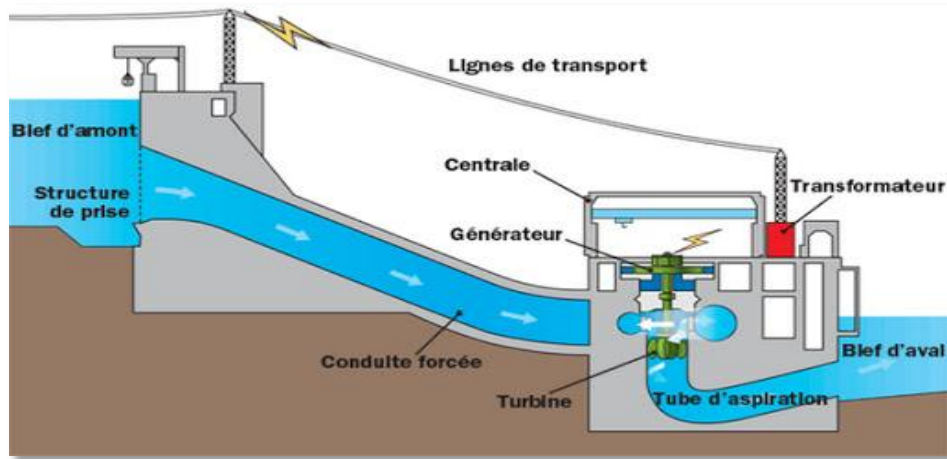


Figure 1.3 : l'énergie hydraulique.

1.3.4 Biomasse

1.3.4.1 Définition

La biomasse est l'énergie tirée de la combustion de matière organique. Les trois principaux modes de production de cette énergie sont : l'exploitation des forêts, l'utilisation des cultures pour produire des agro carburants et la méthanisation (issue de la dégradation de la matière organiques) ces trois formes de production d'énergies ne pose pas les mêmes problématiques et n'ont pas les mêmes enjeux. [6]

1.3.4.2 Principe de fonctionnement d'une centrale biomasse

Une centrale biomasse produit de l'électricité grâce à la vapeur d'eau dégagée par la combustion de matières végétales ou animales, qui met en mouvement une turbine reliée à un alternateur. [7]

a. La combustion

La biomasse est brûlée dans une chambre de combustion.

b. La production de vapeur

En brûlant, la biomasse dégage de la chaleur qui va chauffer de l'eau dans une chaudière. L'eau se transforme en vapeur, envoyée sous pression vers des turbines.

c. La production d'électricité

La vapeur fait tourner une turbine qui fait à son tour fonctionné un alternateur. Grâce à l'énergie fournie par la turbine, l'alternateur produit un courant électrique alternatif. Un transformateur élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes à moyenne et haute tension.

d. Le recyclage

À la sortie de la turbine, une partie de la vapeur est récupérée pour être utilisée pour le chauffage. C'est ce que l'on appelle la cogénération.

Le reste de la vapeur est à nouveau transformée en eau grâce à un condenseur dans lequel circule de l'eau froide en provenance de la mer ou d'un fleuve. L'eau ainsi obtenue est récupérée et re-circule dans la chaudière pour recommencer un autre cycle.

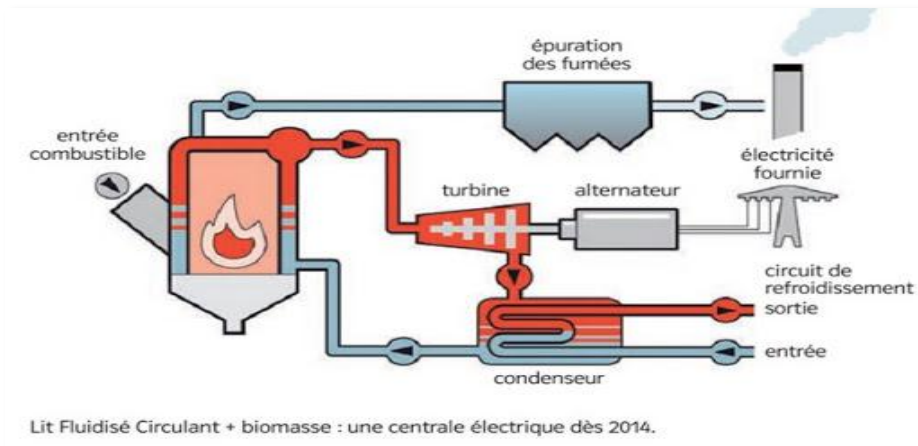


Figure 1.4 : principe de fonctionnement d'une centrale biomasse.

1.3.5 Energie nucléaire

1.3.5.1 Définition

N'est pas considéré comme une énergie renouvelable dans la mesure où il repose sur une matière première limitée, en tout cas à des coûts d'exploitation acceptables, l'uranium. La fusion nucléaire, si elle était réalisée à un stade industriel, fournirait en revanche une source d'énergie inépuisable. [1]

1.3.5.2 Principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire

La fission des atomes d'uranium produit de la chaleur, chaleur qui transforme alors de l'eau en vapeur et met en mouvement une turbine reliée à un alternateur qui produit de l'électricité. [7]

a. Le circuit primaire

Dans le réacteur, la fission des atomes d'uranium produit une grande quantité de chaleur. Cette chaleur fait augmenter la température de l'eau qui circule autour du réacteur, à 320 °C. L'eau est maintenue sous pression pour l'empêcher de bouillir. Ce circuit fermé est appelé circuit primaire.

b. Le circuit secondaire

Le circuit primaire communique avec un deuxième circuit fermé, appelé circuit secondaire par l'intermédiaire d'un générateur de vapeur. Dans ce générateur de vapeur, l'eau chaude du circuit primaire chauffe l'eau du circuit secondaire qui se transforme en vapeur. La pression de cette vapeur fait tourner une turbine qui entraîne à son tour un alternateur. Grâce à l'énergie fournie par la turbine, l'alternateur produit un courant électrique alternatif. Un transformateur élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes très haute tension.

c. Le circuit de refroidissement

À la sortie de la turbine, la vapeur du circuit secondaire est à nouveau transformée en eau grâce à un condenseur dans lequel circule de l'eau froide en provenance de la mer ou d'un fleuve. Ce troisième circuit est appelé circuit de refroidissement.

En bord de rivière, l'eau de ce 3^e circuit peut alors être refroidie au contact de l'air circulant dans de grandes tours, appelées aérorefrigérants.

Les 3 circuits d'eau sont étanches les uns par rapport aux autres.

b. L'énergie solaire photovoltaïque

Si l'énergie solaire thermique est obtenue par la chaleur du soleil, l'énergie solaire photovoltaïque l'est par l'énergie même du rayonnement solaire.

Une centrale solaire photovoltaïque est un dispositif technique de production d'électricité par des modules solaires photovoltaïques (PV) reliés entre eux (série et parallèle) et utilise des onduleurs pour être raccordée au réseau. [2]

La durée de vie d'une centrale solaire photovoltaïque est au minimum de 25 ans pour les centrales neuves, pouvant aller jusqu'à 40 ou 45 ans.

➤ Principe de fonctionnement

Les panneaux photovoltaïques, souvent installés sur le toit, recueillent les photons du soleil et les transforment en électricité. Ces panneaux photovoltaïques sont composés d'une superposition de couches de cellules dont l'une est chargée négativement et l'autre positivement. Dès qu'un photon traverse ces couches, il produit une tension électrique. Il ne reste plus qu'à raccorder un fil à la borne négative et un autre à la borne positive pour exploiter l'électricité produite. En gros, l'énergie solaire photovoltaïque fonctionne comme une pile.

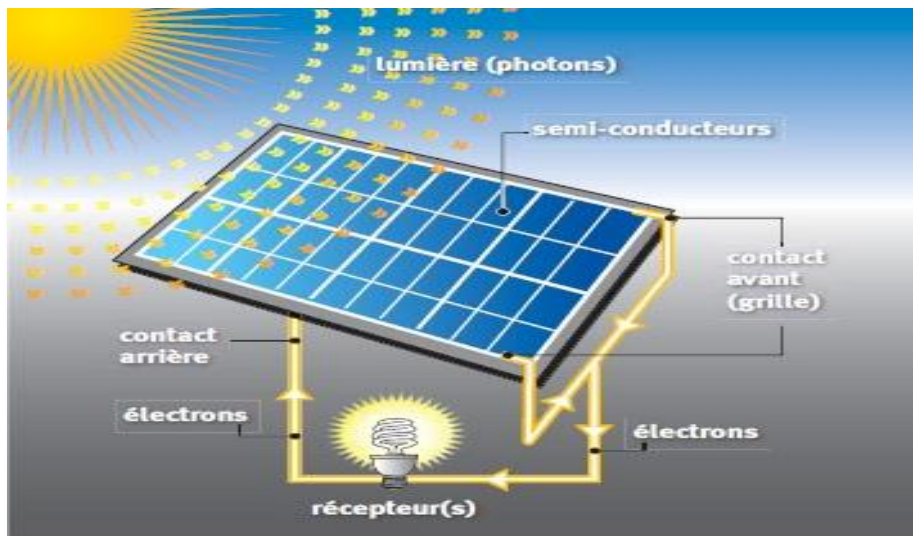


Figure 1.7 : fonctionnement d'un panneau photovoltaïque.

c. L'énergie solaire thermodynamique

L'énergie solaire thermodynamique, quant à elle, est produite par des centrales solaires à concentration.

➤ Principe de fonctionnement

Les centrales solaires à concentration sont composées de miroirs avec des fluides caloporteurs et d'un générateur d'électricité solaire. Tout comme les panneaux solaires thermiques, ces miroirs transforment l'énergie apportée par le rayonnement solaire en chaleur, mais à une température considérablement plus élevée. Cette dernière peut, d'ailleurs, aller de 250 à 800° en fonction des techniques utilisées. La chaleur ainsi obtenue va, ensuite, être convertie en énergie électrique en activant le turbo-alternateur.



Figure 1.8 : système solaire thermodynamique.

1.3.6.3 Modèle de coordonnées solaire

Le modèle des coordonnées solaires est représenté par angles solaires, Ces sont des facteurs intéressants pour le calcul de rayonnement solaire. [8]

a. La latitude (ϕ)

C'est l'angle formé par le plan équatorial et la direction reliant le lieu considéré, au centre de la terre. Les latitudes de l'hémisphère Nord sont affectées d'un signe positif et celles de l'hémisphère Sud d'un signe négatif.

b. La longitude (λ)

La longitude représente l'angle formé par le plan méridien de lieu considéré et le plan méridien origine. Ce dernier passe par l'observatoire de Greenwich et a pour longitude 0° . Les longitudes situées à l'est de ce méridien sont positives et celles situées à l'Ouest négatives.

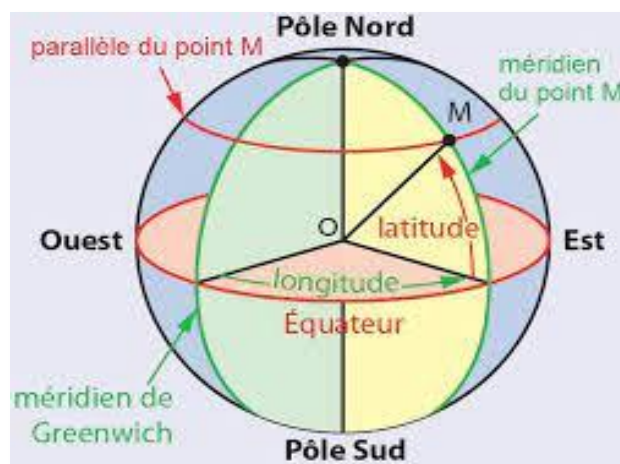


Figure 1.9 : Longitude et latitude.

c. La déclinaison de soleil (δ)

C'est l'angle entre la direction du soleil et le plan équatorial, elle traduit l'inclinaison du plan équatorial par rapport au plan écliptique. Sa valeur varie entre $23^\circ 7'$ (Au solstice d'hiver); $+23^\circ 7'$ (au solstice d'été) et s'annule aux équinoxes de Printemps et d'automne.

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360}{365} (284 + n) \right] \quad (1.1)$$

n : est le nombre de jours de l'année compté à partir du 1er janvier, il varie de 1 à 365 ou 366 Selon l'année :

[Année civile $\rightarrow n = 365$ jours et Année bissextile $\rightarrow n = 366$ jours].

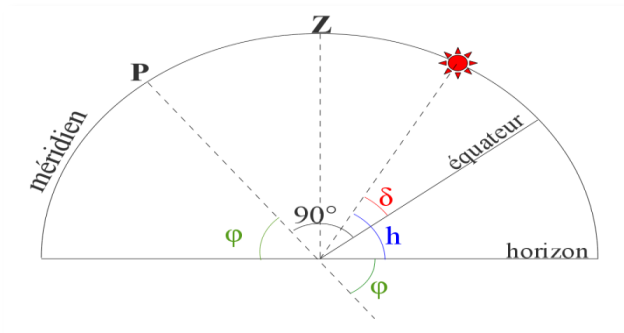


Figure 1.10 : Passage du Soleil au méridien (le Soleil est au-dessus de l'équateur, nous sommes au printemps ou en été).

P : est l'étoile polaire ;

Z : le zénith.

L'angle entre la direction de l'étoile polaire et l'horizon est égal à la latitude du lieu.

Sur la figure, on voit que : $90 - \varphi = h - \delta$ et donc : $\delta = h + \varphi - 90$. (1.2)

Si on mesure h et si on connaît φ , alors on peut calculer la déclinaison δ du Soleil.

d. L'angle horaire (ω) du soleil

Elle repère la position du soleil dans sa rotation journalière sur le cône d'ouverture d . C'est l'angle entre le plan méridien passant par l'observateur et le plan méridien contenant le soleil. En principe, un jour solaire (d variant de -180° à $+180^\circ$) correspond à 24h :

$$\omega = 15 \left[\text{TSV} - 12 + \frac{\lambda}{15} \right] \quad (1.3)$$

Avec TSV est le temps solaire vrai.

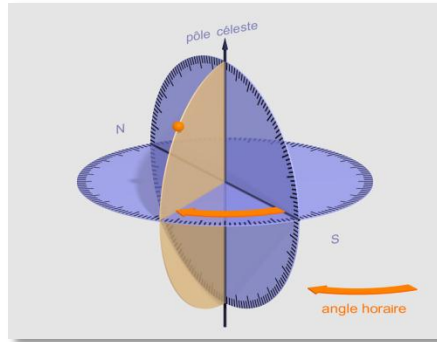


Figure 1.11 : L'angle horaire ω .

e. Le temps solaire vrai

Les relations se rapportant au mouvement du soleil utilisant le temps solaire vrai TSV qui diffère généralement du temps légal TL (heure des montres) du lieu considéré. Cette différence est liée à :

- la différence (fixée par chaque pays) entre l'heure légale TL et l'heure civile TCF du fuseau horaire dans lequel il se trouve.

$$C = TL - TCF \quad (1.4)$$

L'heure civile TCF du fuseau horaire est égale au temps universel TU (temps solaire du méridien de Greenwich) augmenté de la valeur du décalage horaire. « Pour l'Algérie Greenwich+1heure »

- La variation de la vitesse de la terre sur sa trajectoire autour du soleil qui introduit un terme correctif appelé équation du temps et noté « ET ».

$$ET = - [0.0002 - 0.4797 * (j) + 3.2265 * (2 * j) + 0.0903 * c(3 * j) + 7.3509 * \sin(j) + 9.3912 * \sin(2 * j) + 0.3361 * \sin(3 * j)] \quad (1.5)$$

Avec $j=0.984*N$ (1.6)

- la différence de longitude ($L_{ref} - L_{lieu}$) entre le lieu considéré et le lieu servant de référence au temps légal (en général le centre du fuseau).

Le temps solaire vrai TSV se calcule finalement par la formule suivante :

$$TSV = TL + ET + \frac{(L_{ref} - L_{lieu})}{15 + c} \quad (1.7)$$

f. L'azimut (Ψ)

C'est l'angle que fait la direction de la projection du soleil sur le plan horizontal avec la direction sud, cet angle étant orienté positivement vers l'Ouest.

$$\sin \psi = \frac{\cos \omega * \sin \gamma}{\cos \beta} \quad (1.8)$$

g. La hauteur angulaire (β)

C'est l'angle que fait la direction du soleil avec sa projection sur un plan horizontal avec ε :est l'angle d'inclinaison du plan par rapport à l'horizontal, $\varepsilon=0$ pour un plan horizontale.

$$\sin\beta = (\phi - \varepsilon) * \sin\omega + (\phi - \varepsilon) * \cos\omega * \cos\gamma \quad (1.9)$$

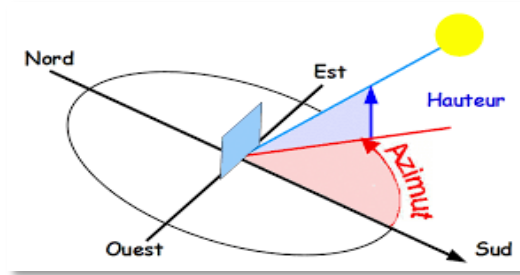


Figure 1.12 : Représentation de l'azimut et la hauteur angulaire.

h. L'angle d'incidence (θ)

On se propose de calculer l'angle (θ) entre un rayon arrivant directement du soleil et le plan normal à un plan du panneau PV.

Une relation trigonométrique permet de déterminer sa valeur en fonction des autres angles :

$$\cos\theta = \cos\gamma (\Psi - \alpha) + \sin\gamma * \cos \quad (1.10)$$

i. L'orientation (α)

L'orientation du panneau PV par rapport au sud, (0° au sud, 180° au nord, $+90^\circ$ à l'ouest et -90° à l'est. Dans notre cas $+45^\circ$ au sud.

1.5 Les énergies renouvelables dans de monde

En 2014, les énergies renouvelables couvraient 19,2 % de la consommation d'énergie mondiale. La part des énergies renouvelables en 2015 a marqué une forte croissance pour la production d'électricité (23,7 %). Cet essor s'appuie principalement sur l'éolien et le solaire photovoltaïque (75 % de la progression globale).

La part des énergies renouvelables dans la consommation finale mondiale d'énergie était estimée en 2018 à 17,9 %, dont 6,9 % de biomasse traditionnelle (bois, déchets agricoles, etc.) et 11,0 % d'énergies renouvelables « modernes » : 4,3 % de chaleur produite par les énergies renouvelables thermiques (biomasse, géothermie, solaire), 3,6 % d'hydroélectricité, 2,1 % pour les autres renouvelables électriques (éolien, solaire, géothermie, biomasse, biogaz) et 1 % pour les biocarburants ; leur part dans la production d'électricité était estimée en 2018 à 26,4 %. [9]

1.6 Conclusion

Les énergies renouvelables sont abondantes et présentes partout dans le monde mais certaines sont difficiles d'accès (géothermie) ou intermittentes (solaire, éolienne) et répondent donc difficilement aux pics de consommation d'électricité.

Chapitre 2: Généralité sur l'énergie photovoltaïque.

2 .1 Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque est l'une des énergies renouvelables la plus utilisée, elle consiste à convertir de la lumière du soleil en électricité par des cellules photovoltaïques, elle résulte de la conversion directe dans un semi-conducteur d'un photon en électron.

Dans la pratique, une cellule photovoltaïque reçoit la lumière solaire et la transforme en électricité par le biais d'un semi-conducteur , le plus souvent du silicium . Plusieurs cellules constituent un module photovoltaïque produisant un courant continu, ensuite transformé en courant alternatif par un onduleur.

Les modules peuvent être utilisés dans des petites installations ou de grandes centrales.

2 .2 Historique

La découverte de l'effet photovoltaïque remonte à 1839, l'année où le physicien français Alexandre Edmond Becquerel découvre la possibilité de produire de l'électricité grâce à la lumière et la présence de matériaux semi-conducteurs comme le silicium.

Après 1913, naissent les premières cellules photovoltaïques, mais ce n'est qu'en 1916 que Robert Millikan parvient à produire un courant continu. [10]

En 1954, les laboratoires Bell annoncent la première cellule solaire avec une efficacité énergétique d'environ 6%, puis en 1958 elle atteint environ 9%. Ce n'est seulement qu'en 1980 que l'université de Delaware construit la première maison alimentée par des cellules photovoltaïques.

Après toutes ces avancées, ce n'est qu'entre 1995 et 2001 que les panneaux photovoltaïques sont mis en vente dans le commerce. [11]

2 .3 Généralités sur les systèmes solaires

2.3.1 L'irradiation et l'éclairage

2.3.1.1 L'irradiation

L'irradiation solaire représente une énergie. L'irradiation solaire reçue par un objet dépend de son exposition. Une surface horizontale ne recevra pas la même quantité d'énergie solaire qu'une surface verticale. Ainsi, il convient de toujours préciser la configuration du récepteur lorsqu'on parle d'irradiation reçue.

L'irradiation s'exprime en **kWh** ou en **kWh/m²** ou en **kWh/m²/an**, son symbole **H**.

2.3.1.2 L'éclairage

L'éclairage direct provenant du soleil varie de 0 à 1000 W/m² au cours de la journée.

2.3.2 Les rayonnement solaire

Le rayonnement solaire désigne l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le Soleil. Il se compose donc d'ultraviolets, de la lumière visible, mais également d'ondes radio en plus de rayons cosmiques.

2.3.2.1 Rayonnement direct

Le rayonnement direct qui a fait un trajet dans l'atmosphère sans déviation géométrique, et correspond donc à la portion du rayonnement incident dans la direction d'éclairage du Soleil.

2.3.2.2 Rayonnement diffus

Le rayonnement diffus qui résulte des diffractions du rayonnement direct par les nuages et les particules atmosphériques.

2.3.2.3 Rayonnement réfléchi

Le rayonnement réfléchi qui résulte de la réflexion du rayonnement par les surfaces proches. L'albédo d'un milieu considéré est le rapport entre le flux de rayonnement réfléchi et le flux de rayonnement incident. Ce coefficient est d'autant plus élevé que la surface est claire (étendue d'eau, neige,...).

2.3.2.4 Rayonnement global

Le rayonnement global est l'énergie rayonnante totale du soleil, qui atteint une surface horizontale à la surface de la Terre au cours d'une unité de temps précise. Il est d'environ 1.000 W/m^2 pour un rayonnement solaire vertical.

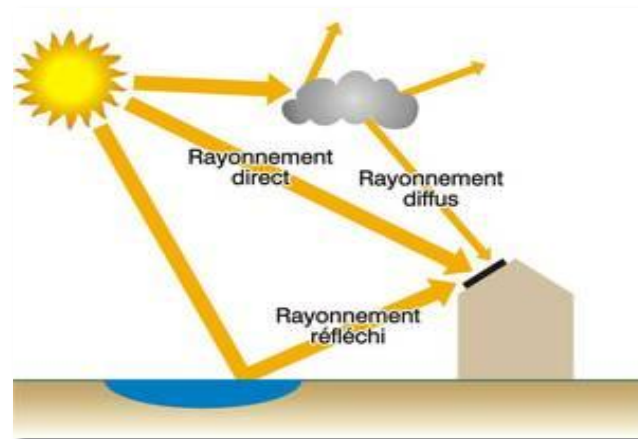


Figure 2.1 :les rayonnements solaires.

2.3.3 Spectresolaire

Spectre Solaire Ce spectre été observé par le physicien allemand, Joseph Fraunhofer en 1814. Le Soleil est une boule de gaz chaud et dense dont la couche.

Le spectre solaire c'est flux de photons qu'on appelle également radiations ou rayons, voyagent dans l'espace à la vitesse de $300\,000 \text{ km/s}$ (c'est la vitesse de la lumière) et atteignent la terre à différentes longueurs d'ondes. On distingue par leur longueur d'onde les différents types de rayons.

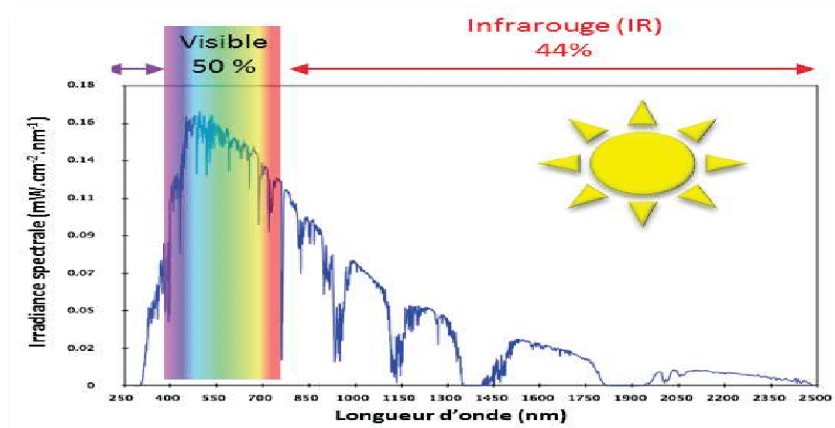


Figure 2.2 : Spectre solaire à la surface de la Terre d'après.

2.4 L'effet photovoltaïque

L'effet photovoltaïque utilisé dans les cellules solaires permet de convertir directement l'énergie lumineuse des rayons solaires en électricité par le biais de la production et du transport dans un matériau semi-conducteur de charges électriques positives et négatives sous l'effet de la lumière. Ce phénomène physique a été découvert par le physicien français Edmond Becquerel. [12]

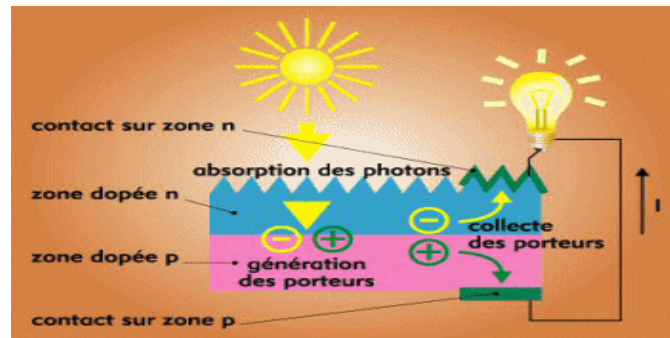


Figure 2.8 : l'effet photovoltaïque.

2.5 Panneau photovoltaïque

Un capteur solaire ou panneau solaire est un élément d'une installation solaire destiné à recueillir l'énergie solaire pour le convertir en énergie thermique et le transférer à un fluide caloporteur (air, eau) ou en énergie électrique. On distingue donc deux types de capteur solaire: le capteur solaire thermique et le capteur solaire photovoltaïque.

Le capteur solaire à plan vitré est le type de capteur solaire thermique le plus répandu. Il utilise l'effet de serre pour capter l'énergie thermique du soleil. Les capteurs solaires à plan vitré sont généralement composés d'un châssis sous forme de coffre, d'un isolant en fond, d'un absorbeur de couleur noire en tubes de cuivre munis d'ailettes dans lequel circule le fluide caloporteur et d'une vitre.

Les panneaux solaires photovoltaïques récupèrent le rayonnement solaire et le transforment en électricité à courant continu, qui elle-même est transformée en courant alternatif 220 V pour une utilisation par exemple dans le bâtiment voire une revente.

2.6 Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est un capteur constitué d'un matériau semi-conducteur absorbant l'énergie lumineuse et la transformant directement en courant électrique

Le fonctionnement de la cellule photovoltaïque est fondé sur les propriétés de semi-conducteurs qui, percutés par les photons, mettent en mouvement un flux d'électrons. Les photons sont des particules élémentaires qui transportent l'énergie solaire à 300 000 km/s. Lorsqu'ils frappent un élément semi-conducteur comme le silicium, ils arrachent des électrons à ses atomes. Ces électrons se mettent en mouvement, de façon désordonnée, à la recherche d'autres « trous » où se repositionner.

Mais pour qu'il y ait un courant électrique, il faut que ces mouvements d'électrons aillent tous dans le même sens. Pour les y aider, on va associer deux types de silicium. La face exposée au soleil est « dopée » avec des atomes de phosphore qui comportent plus d'électrons que le silicium, l'autre face est dopée avec des atomes de bore qui comportent moins d'électrons. Cette double face devient une sorte de pile : le côté très chargé en électrons devient la borne négative (N), le côté avec moins d'électrons devient la borne positive (P). Entre les deux il se crée un champ électrique.

Quand les photons viennent exciter les électrons, ceux-ci vont migrer vers la zone N grâce au champ électrique, tandis que les « trous » vont vers la zone P. Ils sont récupérés par des contacts électriques déposés à la surface des deux zones avant d’aller dans le circuit extérieur sous forme d’énergie électrique. Un courant continu se créé. Une couche antireflet permet d’éviter que trop de photons se perdent en étant réfléchis par la surface. [13]

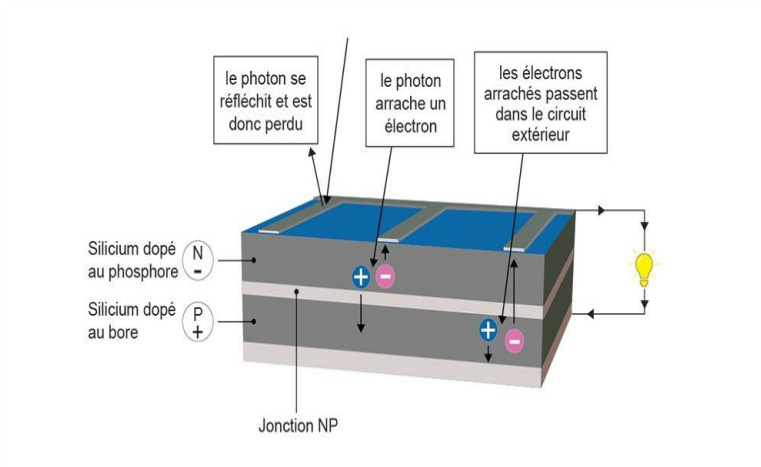


Figure 2.10 : Le principe de la cellule photovoltaïque.

2.7 Les caractéristiques électriques de panneau photovoltaïque

Toute cellule photovoltaïque est caractérisée par une courbe courant-tension (I-V) représentant l’ensemble des configurations électriques que peut prendre la cellule. Trois grandeurs physiques définissent cette courbe [14] :

- ✚ **Sa tension à vide : V_{oc} .** Cette valeur représenterait la tension générée par une cellule éclairée non raccordée.

La tension à circuit ouvert est obtenue quand le courant qui traverse la cellule est nul. Elle dépend de la barrière d’énergie et de la résistance shunt. Elle décroît avec la température et varie peu avec l’intensité lumineuse.

$$V_{oc} = \frac{KT}{e} \ln \left(\frac{I_{cc}}{I_s} + 1 \right) \quad (2.1)$$

- ✚ **Son courant court-circuit: I_{cc} .** Cette valeur représenterait le courant généré par une cellule éclairée raccordée à elle-même.

Il s’agit du courant obtenu en court-circuitant les bornes de la cellule (en prenant $V=0$ dans le schéma équivalent). Il croît linéairement avec l’intensité d’illumination de la cellule et dépend de la cellule éclairée, de la longueur d’onde du rayonnement, de la mobilité des porteurs et de la température.

- ✚ **Son point de puissance maximal: MPP** (en anglais : maximal power point) obtenu pour une tension et un courant optimaux : V_{opt} , I_{opt} (parfois appelés aussi V_{mpp} , I_{mpp}).

$$P_m = V_m \times I_m \quad (2.2)$$

Rendement de conversion :

Le rendement η , des cellules PV désigne le rendement de conversion en puissance. Il est défini comme étant le rapport entre la puissance maximale délivrée par la cellule et la puissance lumineuse incidente.

$$\eta = \frac{P_m}{P_{in}} = \frac{ff * V_{oc} * I_{cc}}{P_{in}} \quad (2.3)$$

Facteur de forme ff :

Le facteur de forme est le rapport entre la puissance optimale P_m et puissance maximale que peut avoir la cellule ; il est défini par la relation suivante :

$$ff = \frac{P_m}{V_{oc} * I_{cc}} = \frac{V_m * I_m}{V_{oc} * I_{cc}} \quad (2.4)$$

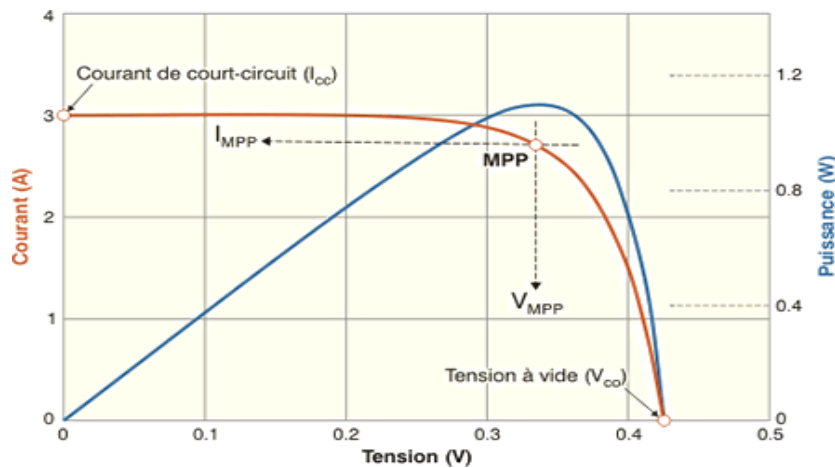


Figure 2.11 : caractéristique I(V) et P(V) de module PV.

V_{oc} : tension circuit ouvert (Open circuit) indique la tension présente aux bornes du panneau quand il n'est pas branché, en volt (V) ;

I_{cc} : courant de court-circuit (ShortedCircuit) indique le courant max que peut délivrer le panneau, en ampère (A) ;

MPP : Le Point de Puissance Maximum, en watt (W) ;

I_{mpp} : le courant de puissance maximale, en ampère (A) ;

V_{mpp} : la tension de puissance maximale, en volt (V).

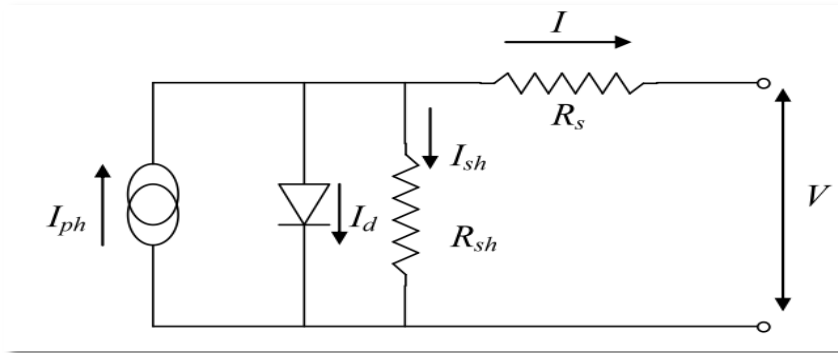


Figure 2.12 : schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque réelle.

Remarque :

Pour permettre une comparaison de l'efficacité de différentes cellules, on définit ces caractéristiques dans des conditions de test bien précises (STC = Standard Test Conditions). Ces conditions sont : émission lumineuse de 1 000 W/m², température de 25 °C, conditions spectrales Air Mass 1.5 (composition du spectre identique au spectre solaire lorsqu'il traverse une épaisseur et demie d'atmosphère, ce qui correspond à un angle d'incidence de 41.8° par rapport à l'horizontale). Actuellement, les cellules présentent des valeurs de l'ordre de 0.5V-3.5A-2.1 Wc.

2.8 L'association de panneau photovoltaïque

Dans les conditions standardisées de test, la puissance maximale pour une cellule Si (silicium) de 100 cm² (10 sur 10) tourne aux alentours de 1,25 Watt. Cette cellule constitue donc un générateur de très faible puissance, insuffisant pour les applications électriques courantes. Les modules sont donc réalisés par association, en série et/ou en parallèle, de cellules élémentaires. La connexion en série augmente la tension pour un même courant alors que la connexion en parallèle augmente le courant pour une tension identique.

Pour que l'électricité générée soit utilisable pour nos applications électriques, il est donc nécessaire d'associer entre elles un grand nombre de cellules. [14]

2.8.1 Association en série

Pour réaliser ce montage, il faut de brancher les panneaux les uns à la suite des autres, c'est à dire la sortie de l'un sur l'entrée de l'autre (autrement dit : le câble « + » d'un panneau sera à brancher sur le câble « - » du panneau suivant, et ainsi de suite). Ils seront donc au final branchés « à la chaîne » (d'où l'appellation « String » en anglais).

Ce branchement permet d'additionner les tensions (en volts), l'intensité (en ampères) ne bouge pas.

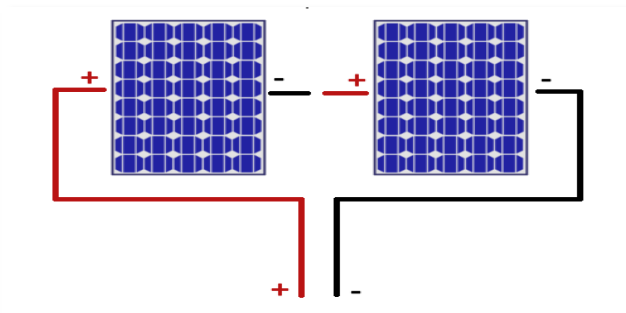


Figure 2.13 : branchement de panneaux solaire en série.

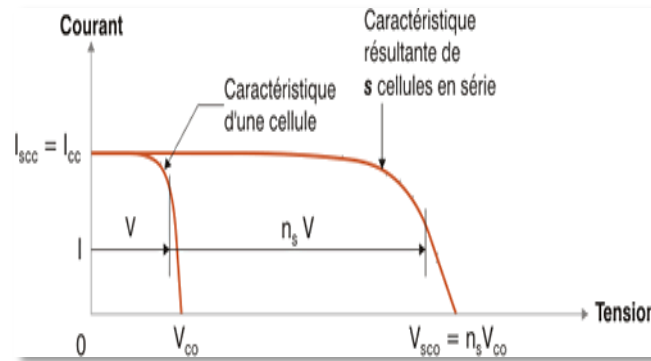


Figure 2.14 : les caractéristiques électriques (U et I) des modules branchés en série.

n_s : Nombre de cellule en série ;

2.8.2 Association en parallèle

Ici, on relie toutes les bornes « + » des panneaux solaires entre eux, et de même pour toutes les bornes « - ».

Ce branchement permet d'additionner les tensions (en volts), l'intensité (en ampères) ne bouge pas.

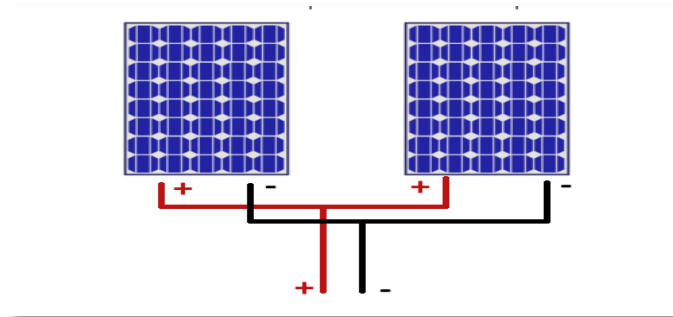


Figure 2.15 : branchement de panneaux solaire en parallèle.

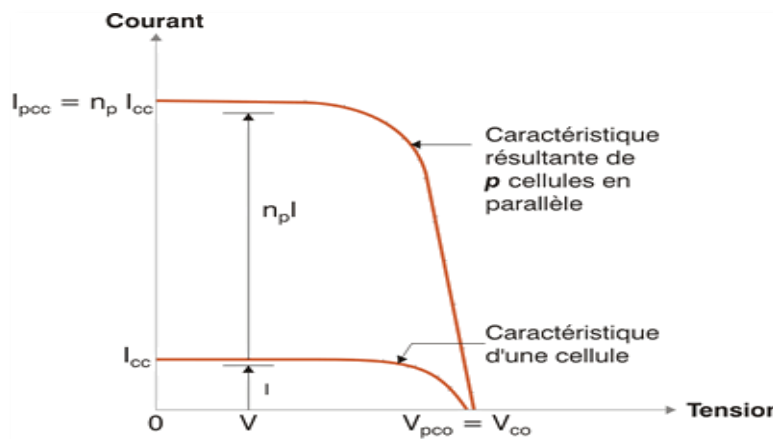


Figure 2.16 : les caractéristiques électriques (U et I) des modules branchés en parallèle.

n_p : Nombre de cellule en parallèle

Par association en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension et le courant résultant correspond à la somme des courants générés par chacune des cellules.
 Les caractéristiques globales d'une installation se déduisent donc d'une combinaison des caractéristiques des constituants des $n_s \cdot n_p$.

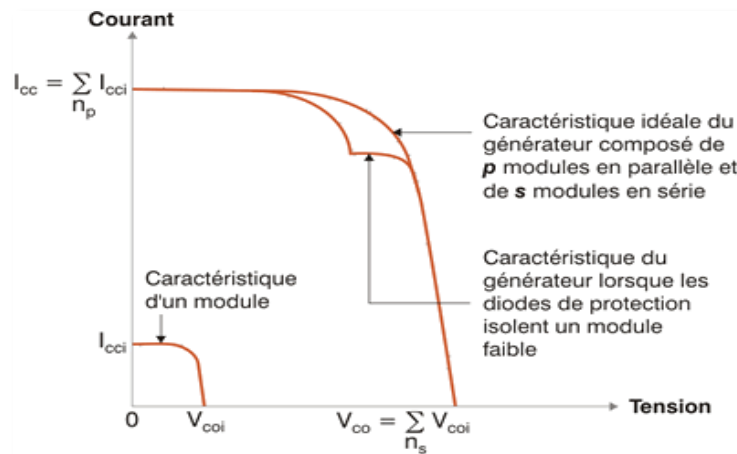


Figure 2.17 : courbe d'association mixte.

✚ Les diodes de by-pass

Il arrive fréquemment que les cellules élémentaires qui composent le module ne présentent pas toutes la même courbe caractéristique au même moment. Les raisons peuvent être multiples : variété inévitable de fabrication, défaillance, différence d'éclairement ou de température (dus par exemple à un ombrage non uniforme du module, un encrassement,...).

Sous certaines conditions, la cellule la plus faible peut alors se comporter comme une cellule réceptrice, dissipant la puissance générée par la cellule la plus forte. Celle-ci peut même être détruite si la contrainte ou la température devient trop importante.

Pour éviter ce phénomène, on place des diodes de by-pass (empêchant tout courant ou tension inverses). Celles-ci sont placées en série lorsque les cellules sont connectées en parallèle et en parallèle lorsque les cellules sont connectées en série.

Les modules aujourd'hui commercialisés comprennent généralement des diodes de protection situées en parallèle des différents strings qui le composent.

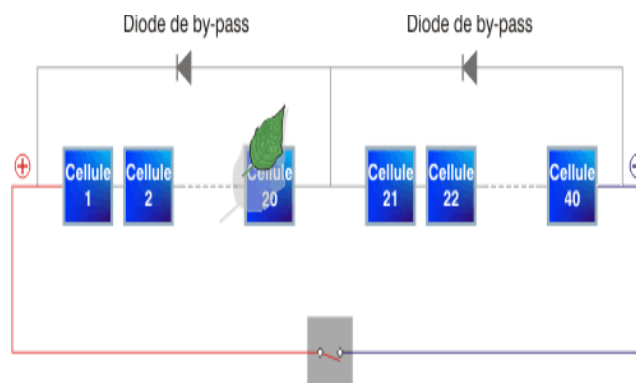


Figure 2.18 : Branchement les cellules avec diodes.

L'utilisation de ces by-pass induit néanmoins des perturbations de la courbe caractéristique, modifiant le point de puissance maximal du module :

Pour ne pas induire inutilement ces pertes, il est donc très important que ces diodes de by-pass soient utilisées et placées en cohérence avec les ombres générées par l'environnement du module.

2.9 Les types de cellule photovoltaïque

On distingue différents types de cellule photovoltaïque [15] :

2.9.1 La cellule photovoltaïque en silicium monocristallin

Ce type de cellule photovoltaïque est l'une des plus répandues. Elle est obtenue à partir de silicium monocristallin, appliqué en une tranche simple. Elle permet de composer des panneaux solaires qui vont produire de l'électricité servant à alimenter une habitation ou le réseau public, par exemple.



Figure 2.19 : Une cellule photovoltaïque en silicium monocristallin.

2.9.2 La cellule photovoltaïque en silicium poly cristallin

Facilement reconnaissable grâce à ses cristaux bleus, cette cellule photovoltaïque se compose d'une seule tranche de silicium. Elle est de forme carrée. On la trouve souvent dans les installations domestiques, agricoles ou industrielles.



Figure 2.20 : Une cellule photovoltaïque en silicium poly cristallin.

2.9.3 La cellule photovoltaïque au silicium amorphe

La cellule photovoltaïque au silicium amorphe est composée d'une couche fine de silicium, bien plus fine que les monocristallines ou les poly cristallines. On la trouve essentiellement pour alimenter les appareils de faible puissance, comme les montres solaires, les éclairages de jardin ou encore les Calculatrices solaires.



Figure 2.21 : Une cellule photovoltaïque en silicium amorphe.

2.10 L'installation et la protection

2.10.1 l'installation et le choix de site

Les panneaux doivent être placés de telle manière qu'aucune ombre (arbre, bâtiments) ne puisse les recouvrir au cours de la journée, quel que soit l'inclinaison du soleil au cours des saisons. Les modules seront espacés par rapport à la surface qui les soutient afin de favoriser la convection naturelle et limiter leur échauffement.

2.10.2 l'inclinaison

On inclinera le module sur la base de la valeur de la latitude, ce qui constitue un bon compromis été/hiver pour une production annuelle.

L'angle formé par les rayons du soleil et le panneau solaire est appelé angle d'incidence (noté α). La production est maximale si les rayons du soleil atteignent la surface du panneau perpendiculairement à midi (heure solaire).

Inclinaison de 90° par rapport aux rayons du soleil (au centre) = production optimale.

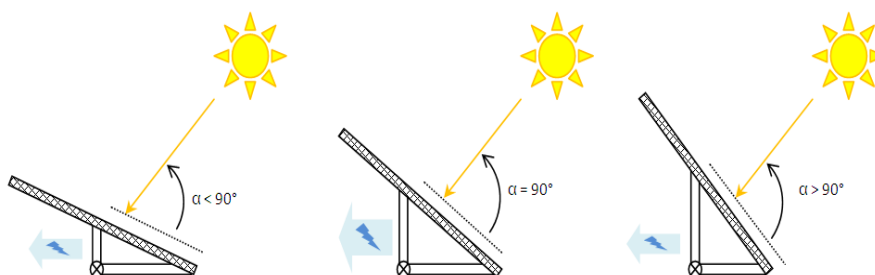


Figure 2.22 : inclinaison de panneau solaire.

2.10.3 orientations

Les panneaux doivent être perpendiculaires aux rayons du soleil à l'heure où ils sont les plus forts (variable suivant les régions et saison). Les panneaux doivent être orientés plein sud pour capter un maximum d'ensoleillement et pour que le rendement soit meilleur.

Si non elle peut être envisagée jusqu'à 30° S-E ou 30° S-O.

INCLINAISON \ ORIENTATION	0°	30°	60°	90°
EST	93%	90%	78%	55%
SUD - EST	93%	96%	88%	66%
SUD	93%	100%	91%	68%
SUD - OUEST	93%	96%	88%	66%
OUEST	93%	90%	78%	55%

Tableau 2.1 :L'inclinaison et l'orientation des panneaux solaires photovoltaïques.

2.10.4 Installations solaires

- Les panneaux photovoltaïques produisent un courant électrique continu. ;
- Le régulateur optimise la charge et la décharge de la batterie suivant sa capacité et assure sa protection. ;
- L'onduleur transforme le courant continu en alternatif pour alimenter les récepteur AC ;
- Les batteries sont chargées de jour pour pouvoir alimenter la nuit ou les jours de mauvais temps ;
- Des récepteurs DC spécifiques sont utilisables. Ces appareils sont particulièrement économes.

2.10.4.1 Branchement au régulateur

Après avoir repéré les lieux d'emplacement de la batterie, du régulateur et du panneau en fonction des longueurs de câble et des conseils ci-dessus, les composants du système doivent être branchés au régulateur dans l'ordre suivant APRES MISE A LA TERRE:

a. Batterie

Enlever d'abord le fusible sur le câble +

Connecter les câbles au régulateur : le rouge sur la borne +, le noir sur la borne -.

Connecter l'autre extrémité du câble rouge à la borne +, noir à la borne - de la batterie en respectant le schéma ci-dessous (câble rouge et câble noir à chaque extrémité du système en parallèle).

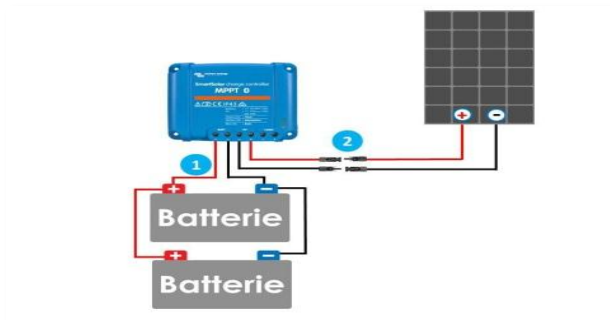


Figure 2.23 : Branchement au régulateur.

b. Panneau

Couvrir d'une protection le panneau pour empêcher toute production d'électricité. Connecter les câbles arrière du panneau.

Rouge sur rouge et noir sur...bleu.

Connecter l'autre extrémité de ces câbles au régulateur : bornes + et -.

c. Consommateurs

L'énergie produite alimente un ou plusieurs appareils de consommation (éclairage, réfrigération, pompage ...).

- Mettez tous les consommateurs en position off ;
- Connecter les câbles du boîtier de distribution au régulateur ;
- Vérifiez ensuite l'ensemble des polarités, la qualité des connexions ;
- Maintenant, installez le fusible sur le câblé de la batterie et sur le régulateur ;
- Enlevez le cache de protection sur le panneau solaire ;
- Allumez les consommateurs.

2.10.5 protections contre la foudre et mise à la terre

Protection contre la foudre

Un parasurtenseur est nécessaire pour protéger les installations des tensions transitoires élevées. Placé entre le fusible des panneaux et le régulateur, il sera relié à la terre afin d'évacuer la foudre potentiellement attirée par la structure métallique des modules (elle-même reliée à la terre). Lors de l'utilisation d'un réseau local ondulé, on utilisera également un parasurtenseur en tête de l'installation en alternatif.

Mise à la terre

La mise à la terre assurera la protection des personnes et du matériel : la structure des modules, les parafoudres, l'onduleur sera raccordé à la terre.

2.11 Système photovoltaïque (PV)

Un système photovoltaïque (PV) est un ensemble d'éléments (constituants) de production d'électricité, en utilisant une source solaire. Ces constituants sont essentiellement le champ PV, le conditionnement de puissance, le système de stockage (dans un certain cas), et la charge .Le conditionnement de puissance peut comprendre: un régulateur seul, un régulateur avec un convertisseur (DC /DC ou/et DC/ AC) ou un convertisseur seul. Un exemple d'un système plus détaillé est montré sur la figure.

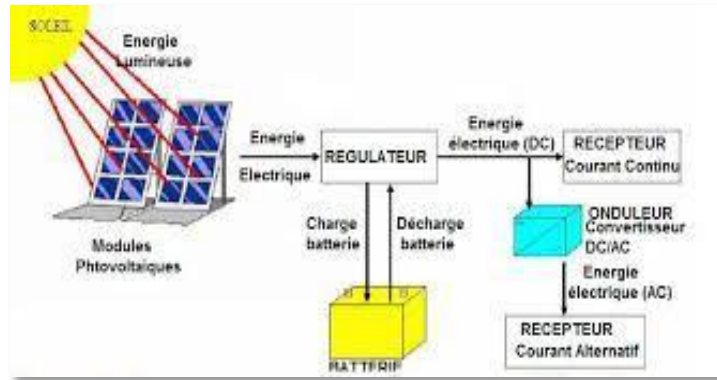


Figure 2.24 : Système photovoltaïque plus détaillé.

2.12 Classification des systèmes PV

On distingue deux types de systèmes PV : - Systèmes PV autonomes - Système connecté au réseau.

2.12.1 Systèmes PV autonomes

2.12.1.1 Définition

On dit qu'un système PV est autonome si la charge est passive (exemple : lampes, les moteurs, etc.). Le système PV autonome est un système photovoltaïque complètement indépendant d'autres sources d'énergie et qui alimente l'utilisateur en électricité sans être connecté au réseau électrique (Fig.2.25). Dans la majorité des cas, un système autonome exigera des batteries ou autres moyens de stockage pour une utilisation durant les périodes de la non disponibilité de l'énergie solaire (par exemple les périodes nocturnes, les périodes non ensoleillées). Les systèmes PV autonomes servent habituellement à alimenter les maisons en site isolé, en îles, en montagne ainsi qu'à des applications comme la surveillance à distance et le pompage de l'eau (dans certains cas).

En règle générale, les systèmes PV autonomes sont installés là où ils constituent la source d'énergie électrique la plus économique. À l'heure actuelle, c'est dans les endroits isolés, loin d'un réseau électrique et où les besoins en énergie sont relativement faibles (généralement moins de 10 kWc) que l'énergie photovoltaïque est la plus concurrentielle.



Figure 2.25 : Schéma d'un système autonome.

2.12.1.2 Types de systèmes PV autonomes

On distingue deux types : - Les systèmes au fil du soleil - Les systèmes avec stockage.

a. Les systèmes au fil du soleil

Les systèmes au fil du soleil sont des systèmes sans stockage. Ils exploitent directement l'énergie solaire sans aucune source d'appoint. Ces systèmes sont classés, selon la nature de la charge à alimenter, en deux types systèmes à courant continu et systèmes à courant alternatif. L'application la plus connue est le pompage photovoltaïque avec ses deux types : systèmes de pompage PV à courant continu et systèmes à courant alternatif. Pour le deuxième cas on doit ajouter un onduleur. La Fig(Fig.2.26). Montre un exemple d'un système de pompage PV où le conditionneur d'énergie peut être, selon la fonction exigée, un convertisseur DC/DC, un convertisseur DC/AC ou les deux en même temps (les conditionneurs d'énergie seront étudiés aux chapitres qui suivent). Ces systèmes sont simples mais leur inconvénient est la coupure de l'alimentation en absence du soleil. Ces systèmes utilisent, en général, un autre moyen de stockage tel que les réservoirs d'eau pour le pompage PV.

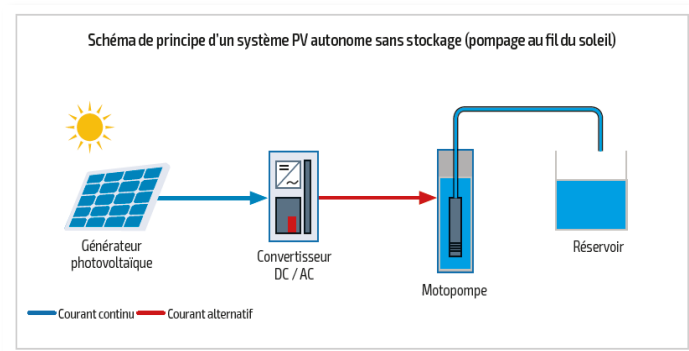


Figure 2.26 : Système de Pompage PV.

b. Les systèmes avec stockage

Les systèmes avec stockage sont des systèmes qui contiennent des moyens de stockage. Un système de stockage sert à alimenter les charges durant les périodes ayant un ensoleillement faible (passage des nuages) ou une absence totale de l'ensoleillement (les nuits). Le système de stockage sert à emmagasiner l'énergie durant la présence de l'excès d'énergie photovoltaïque et de la restituer durant les autres périodes d'insuffisance d'énergie. Comme exemple, on peut citer l'alimentation des maisons en électricité dans des sites isolés. [16] [17]

2.12.2 Systèmes PV à injection aux réseaux

2.12.2.1 Définition

Un système PV raccordé au réseau est un système dont la charge est partiellement ou totalement est le réseau électrique. Ç à d. le générateur PV injecte sa puissance à travers un onduleur dans le réseau électrique. [18]

2.12.2.2 Classes des systèmes raccordés aux réseaux [19]

On a deux classes de systèmes raccordés aux réseaux :

- Systèmes à grande puissance ou systèmes centralisés (centrale solaire photovoltaïque) ;
- Systèmes à petites puissances ou systèmes décentralisés ; généralement installés chez des particuliers.

a) Systèmes à grande puissance ou systèmes centralisés (centrale solaire photovoltaïque)

Les systèmes à grandes puissances sont des systèmes PV localisés dans des endroits où l'alimentation est centralisée. Ils sont utilisés pour renforcer le réseau conventionnel durant les périodes de pic de puissances. Ces systèmes nécessitent des espaces très vastes (environ 2 hectares pour un 1MWc).

b) Systèmes à petite puissance ou systèmes décentralisés

En quantité unitaire, les systèmes décentralisés de petite puissance (inférieur à 100 kWc) sont les plus courants, avec approximativement 80 % des systèmes raccordés au réseau mondial, la majorité étant posé sur des habitations individuelles.

2.13 Commande MPPT

La commande MPPT (Maximum Power Point Tracking) c'est un montage électronique au niveau du régulateur qui permet de tirer le maximum d'énergie d'une installation solaire photovoltaïque.

2.14 Classification des commandes MPPT :

Nous pouvons classifier d'une manière générale les commandes MPPT selon le type d'implémentation électronique : analogique, numérique ou mixte. Il est cependant plus intéressant de les classifier selon le type de recherche qu'elles effectuent et selon les paramètres d'entrée de la commande MPPT. [20] [21]

2.14.1 MPPT Indirect

Ce type de commandes MPPT utilise le lien existant entre les variables mesurées (Isc ou Voc), qui peuvent être facilement déterminées, et la position approximative du MPP.

2.14.2 MPPT Direct

Ce type de commande MPPT détermine le point de fonctionnement optimal (MPP) à partir des courants, tensions ou puissances mesurés dans le système. Il peut donc réagir à des changements imprévisibles du fonctionnement du GPV.

2.14.2.1 La méthode Perturbe&Observe (P&O)

La méthode P&O est généralement la plus utilisée en raison de sa simplicité et sa facilité de réalisation. Comme son nom l'indique, cette méthode fonctionne en perturbant le système et observant l'impact sur la puissance à la sortie du GPV.

2.14.2.2 Algorithme basé sur le mode glissant

La commande par mode glissant est un contrôle de type non linéaire. Elle a été introduite initialement pour le contrôle des systèmes à structure variable (SSV). Elle est caractérisée par la discontinuité de la commande aux passages par une surface de commutation appelée : surface de glissement.

2.14.2.3 Algorithme basé sur la logique floue, adaptative

L'idée est de remplacer l'ensemble binaire {0,1} par un intervalle [0 1] ceci permet des graduations dans l'appartenance d'un élément à une situation, ce qui permet la modélisation de l'observation humaine exprimée par des expressions linguistiques.

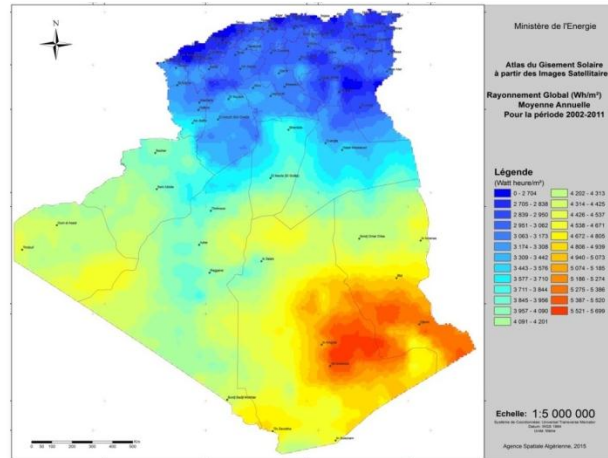
2.14.2.4 Algorithme basé sur les réseaux de neurones, neuro-flou

Un réseau de neurones artificiels est un système dont la conception est à l'origine schématiquement inspirée du fonctionnement des neurones biologiques, et qui par la suite s'est rapproché des méthodes statistiques.

2.15 Potentiel Solaire du Algérie

Vue de sa localisation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). [22] [23]

L'énergie reçue annuellement sur une surface horizontale de 1m^2 soit près de 3 KWh/m^2 au nord et dépasse $5,6\text{ KWh/m}$ au Grand Sud.



Chapitre 3 : Etude et dimensionnement d'une installation photovoltaïque au niveau d'école primaire de W.Relizane.

3.1 Introduction

Dans les années à venir, il n'y aura pas une source unique d'électricité, mais de multiples sources d'électricité renouvelables ou non qui seront combinées si l'on veut subvenir aux besoins d'électrification de la planète. L'électricité photovoltaïque d'origine solaire est l'une d'entre elles.

Le présent chapitre contient l'essentiel des résultats d'un projet en cour d'achèvement, le projet porte sur le programme MICLAT (Ministère de l'Intérieur des Collectivités Locales et de l'Aménagement du Territoire) photovoltaïque, on trouve le développement ingénierie et technique et étude de faisabilité.

La phase avant-projet durant la première phase de stage procède à une visite technique sur le site, prélèvement des besoins en analysant les puissances des récepteurs, établir le bilan énergétique dans le but d'étude la conception du projet pour alimenter des écoles primaires à dans la wilaya de relizane par des systèmes photovoltaïques hybrides autonome.

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents éléments constituant le système d'installation photovoltaïque. Ainsi, le dimensionnement de chaque élément de la chaine photovoltaïque.

De plus, le calcul des valeurs caractérisant toute l'installation par un tableau représentatif.

3.2 Un programme national de réalisation de 1541 écoles dotées de l'énergie solaires

3.2.1. Projet dans la wilaya de Relizane

Située à 60 km du port de Mostaganem et a 120 km de l'aéroport d'Oran, la wilaya de Relizane est composée de 13 daïra, et 38 communes, d'un important gisement solaire, doté de 451 écoles primaires, 110 CEM et 45 lycée, pas moins de 120 écoles primaires ont bénéficié du programmes national des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique lancé par le ministère de l'intérieure et des collectivités locales.

Les opérations ont été financées par la Caisse de solidarité et de garantie des collectivités locales pour une enveloppe financière de 26 millions de dinars. Le coût d'installation et de raccordement par école varie entre 2,5 millions et 4 millions de dinars, suivant la superficie de l'école et le nombre de classes. Le projet a pour objectif d'installer des systèmes photovoltaïques hybrides en autoconsommation sans injection au réseau avec stockage, sur les 38 communes de la wilaya de Relizane réparties en 2 écoles par commune.

En générale les écoles se composent de différents espaces : classes, administration, cantine, salle de réunion, toilette ainsi qu'un espace extérieur pour l'éclairage de nuit.

Dans ce qui suit, nous définirons la solution nécessaire au bon fonctionnement des écoles (les récepteurs). Ensuite nous verrons la spécification du matériel et son descriptif technique ainsi que les spécifications particulières d'installation des systèmes solaires photovoltaïque.

A savoir que l'alimentation électrique est d'origine hybride : le solaire photovoltaïque pour la majeure partie si besoin le système bascule automatiquement sur le réseau, la solution est prévue pour éviter toute coupure électrique.

3.2.2. Les espaces à alimenter (Analyse environnementale)

Le besoin en électricité diffère en fonction du type d'espace de l'école ainsi qu'en fonction de la quantité de récepteurs. En générale les écoles se composent de différents espaces.

a. Espace classe

Le bâtiment ' classe ' est composé de 4 néons.

b. Espace Administratif

L'espace 'administration' est composé de 2 néons, 2 ordinateurs, 2 a 4 imprimantes et une tv en moyenne. L'alimentation électrique sera assurée par le système solaire photovoltaïque hybride.

c. Espace salle de réunion

L'espace ' salle de réunion ' est destiné aux différents réunions entre le directeur de l'école est les instituteurs. Il sera équipé de 6 néons et 2 ordinateurs, 2 lampes dans la cuisine, Comme pour les deux précédents espaces, le système solaire photovoltaïque alimentera ces appareils.

d. Espace cantine

L'espace cantine est destiné pour le petit déjeuner et déjeuner des élèves. Cet espace est équipé de 6 à 10 néons et 2 lampes, ainsi qu'un réfrigérateur et congélateur pour la conservation des aliments. Le tout alimenté par le système solaire photovoltaïque hybride.

Afin d'éviter le cas d'insuffisance temporaire et éviter toute coupure d'alimentation électrique, le système bascule sur le réseau pour conforter la production électrique.

e. Espace toilette

L'espace toilette est équipé de 2 à 4 lampes pour les besoins journaliers des élèves.

f. Divers

L'espace extérieur des écoles, est équipé d'une applique murale sur chaque hauteur des classes ainsi que 6 à 8 luminaires pour l'éclairage placés sur les toits des bâtiments, terrasses ou bordure des écoles.

3.2.3. Compréhension et évaluation des besoins

L'ensemble des écoles primaires à alimenter en énergie solaire est répartie en 5 types (A, B, C, D, E) selon le nombre de classes et la construction BTP.

Le besoin journalier total en moyenne est estimé dans un intervalle de 6 kWh/j à 30kWh/j selon le nombre de classes.

3.2.4. Choix du système le mieux adapté

Après l'analyse du dimensionnement énergétique de l'ensemble des écoles, il convient techniquement un nouveau regroupement selon les bilans énergétiques plus adaptable et économique.

La nouvelle répartition est comme suit :

Nombre de classes	Estimation des puissances	Désignation des systèmes PV
3-4	1.8 kWc	Système A
5-6-7	2.7 kWc	Système B
8-9-10-11	3.6 kWc	Système C
12-13-14-15	4.5 kWc	Système D
16-17-18-19	5.4 kWc	Système E
22 (19 + 3)	1.8 kWc et 5.4 kWc	Système F (F _A et F _E)

Tableau (3.1) : répartition des puissances de consommations énergétique en KW par type de système selon le nombre de classes de chaque école.

3.2.5. Faisabilité technique

100% PV →

Si besoin le système bascule sur les batteries, en cas la capacité des batteries n'est pas suffisante le système passe en mode by passe sur le réseau sonelgaz.

3.2.6. Installation de système photovoltaïque des écoles primaire de relizane

Un tel système s'installe sur un site raccordé au réseau. Généralement sur des habitations ou des entreprises ou des écoles qui souhaitent recourir à une forme d'énergie renouvelable et qui bénéficient d'un bon ensoleillement.

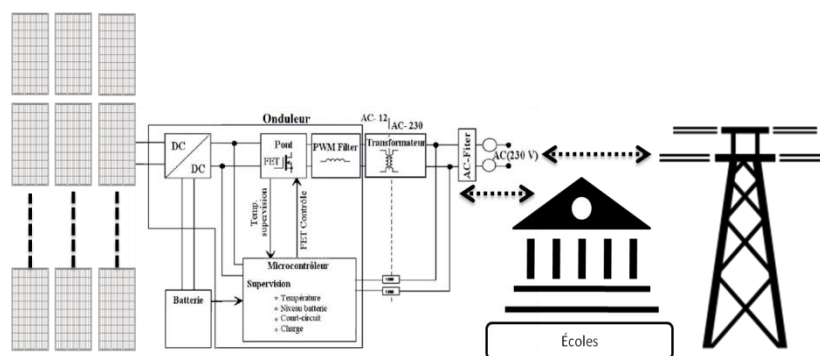


Figure 3.1 : schéma de principe d'un site raccorde au réseau

✓ Les principaux composants de la centrale sont :

- ☀ Modules photovoltaïques ;
- ☀ Structure solaires fixes à 45° ;
- ☀ Batteries ;
- ☀ Contrôleurs batteries ;
- ☀ Capteurs de températures ;
- ☀ Onduleurs chargeurs ;

- ✚ Coffret AC ;
- ✚ Coffret DC ;
- ✚ Système d'acquisition de données ;
- ✚ Réseau.

3.3. Déroulement des tâches de réalisation assistées pendant le stage

Nous avons, lors de ce stage, été affecté à quatre chantiers différents, le premier était une réalisation d'un système PV que nous allons détailler plus amplement, les trois derniers se déroulaient au même endroit, il s'agissait d'une réalisation professionnelle de 5,4 kWc au profit de l'école BOUDHADJ EL HADJ de la commune de Ouarizne, et d'une installation pour l'école Mohamed Boudiaf, commune mazouna, de 5 kWc. ABDELOUAHAB ABDELKADER à mediouna 5 kWc. Le premier chantier auquel j'ai été affecté représente l'école de mazouna (Abid Habib), de 3,7 kWc produit par 12 panneaux PEIMAR de 315 Wc câblés en 2 strings de 2 modules raccordés à 1 des 3 boîtes de jonction qui par la suite vont être raccordées via trois onduleurs de marque Effekta puissance 4 kWc, ces onduleurs sont reliés via un seul pack de batterie de 48 v 230 Ah.



Figure 3.2 : L'armoire électrique.

La toiture des écoles primaires est couverte avec des étanchéités neuves, il n'était pas nécessaire d'enlever le revêtement de l'étanchéité ou la découpée lors de la poses des socles en béton pour la fixation des panneaux. Pour débiter les travaux il a fallu mettre le plan de pose sur la toiture afin de repérer précisément l'emplacement des panneaux, découper et assembler les rails allant les supporter et recouvrir l'ensemble du pan sud des structure.

Nous sommes arrivés sur ce chantier à ce stade, nous avons donc commencé par amener les chemins de câbles entre l'emplacement des panneaux et le lieu où se trouveront les onduleurs et tirer les câbles AC qui vont raccorder l'installation au réseau. Ces câbles de 16 mm², que nous avons précédemment dimensionnés afin de respecter une chute de tension inférieure à 1,5 %, étaient à acheminer et à gainer sur une longueur de 20 mètres.



Figure 3.3 : La fixation de la structure porteuse de panneau.

Dans l'attente du matériel nous avons monté et fixé les rails de la structures porteuse préalablement découpées sur mesure, afin d'assurer une étanchéité totale du bâtiment. Une fois que les panneaux et onduleurs sont arrivés nous avons procédé à la pose et au câblage de ces équipements. Il nous a fallu 8 jours pour réaliser la fin de cette installation avec une moyenne de 9 heures de travail par jour.



Figure 3.4 : L'installation de panneaux photovoltaïques dans l'école (Abid Habib).

✚ Les boîtes de jonction : Les boîtes de jonction :

Les boîtes de jonction, située au plus près du champ photovoltaïque, permettant la mise en parallèle des chaînes photovoltaïques et disposant d'un pouvoir de coupure et sectionnement (inter sectionneur) ainsi qu'une protection contre les surtensions (parafoudre). Eventuellement, la boîte de jonction est susceptible de contenir des fusibles sur chacune des chaînes photovoltaïques.



Figure 3.5 : Les boîtes de jonction.

✚ L'armoire électrique

Composée de trois onduleurs Hybride de 4 Wc, et de composants de raccordement et protection répartie sur deux niveaux.

Niveau 1 CA (Courant Alternatif), située en aval et au plus près des onduleurs, disposant d'un inter différentiel 63 A distensibilité 300 mA

Un parafoudre AC

Un disjoncteur différentiel 4 pôles

Trois inters différentiels 40 A phase-neutre à l'entrée de chaque onduleur

Niveau 2 CC (Courant Continu), située en amont et au plus près des onduleurs,

Trois sectionnaire DC 40 A arrivé depuis chaque boîte jonction pour alimenter chaque onduleur en sources PV

Trois sectionnaire DC 63 A arrivé depuis le parc de batterie branché via les trois onduleurs.

3.3.1. Présentation de site

a. situation climatique

Mazouna est commune de la wilaya de Relizane en Algérie, située au Nord de la wilaya de Relizane. Le climat à Mazouna, est chaud et tempéré. En été, les pluies sont moins importantes qu'elles ne le sont en hiver. La température moyenne est de 16.3 °C et la moyenne des précipitations annuelles dépasse 400mm.

Situation continental

Latitude: 36.1257 ;

Longitude: 0.876503 36° 7' 33" Nord, 0° 52' 35" Est ;

Altitude : Minimale 375 m, Maximale 375 m, Moyenne 375 m. [2]



Figure 3.6 Localisation de la commune dans la wilaya de Relizane.

3.3.2. Schéma électrique utilisé dans l'école (Martyr ABID HABIB)

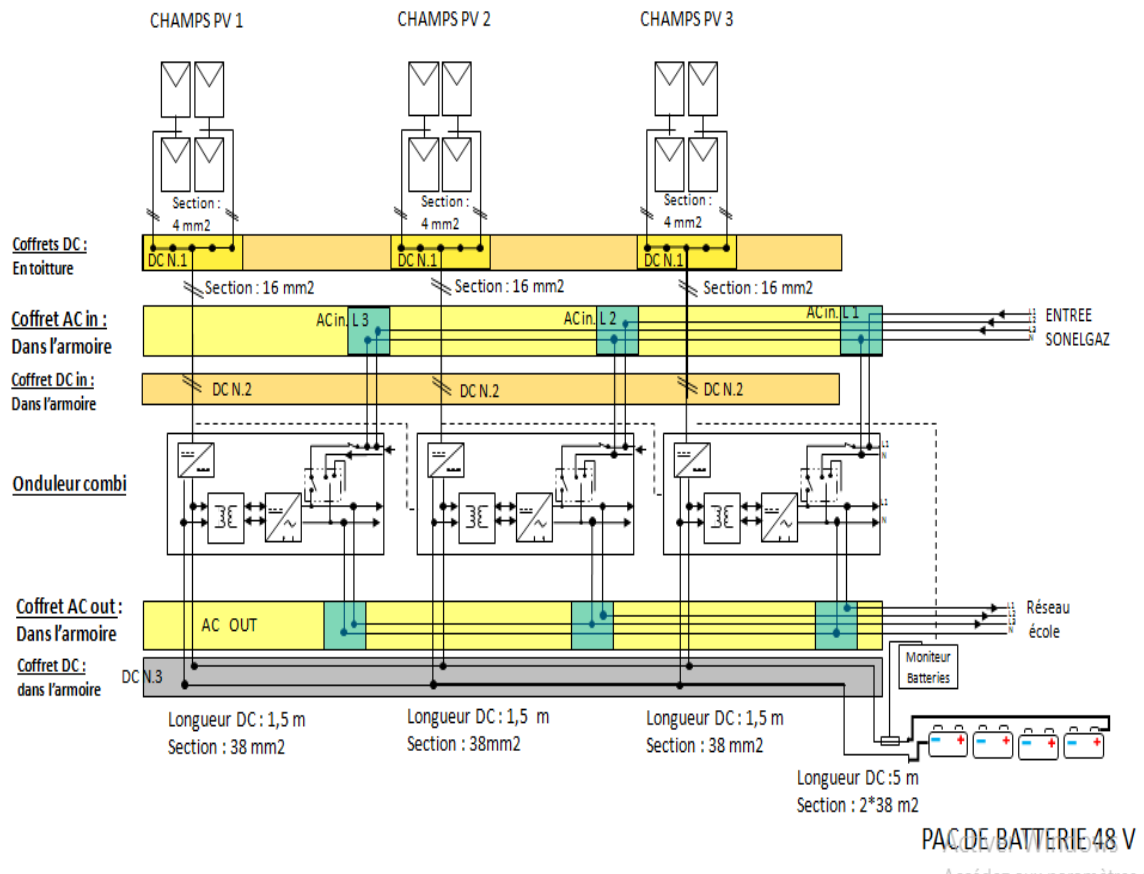


Figure 3.7 : Schéma électrique de Système C de 12 panneaux.

3.3.3. Principe de fonctionnement

Le champ PV est décomposé en trois sous champs, chacun est raccordé via 1 onduleur hybride de 4 kW, trois champs via trois onduleurs séparément pour fournir trois phases à la sortie, les trois onduleurs sont raccordés via un seul pack de batterie de 48 VDC, les onduleurs sont programmés sur un fonctionnement principale de la source solaire, si les panneaux photovoltaïques ne suffit pas le système est programmé à tirer le besoin électrique depuis les batteries, Par la suite si la capacité du pack de batteries atteint un seuil de décharge de 50 à 60 % le système bascule vers le réseau sonelgaz.

3.4. Estimation des besoins journaliers

La puissance photovoltaïque nécessaire pour couvrir le besoin en énergie de notre site à tout moment est la puissance fournit par un ensemble de panneaux dont le nombre est déterminé grâce aux calculs des besoins.

Pour cela, la consommation journalière (en Wh/jour) de chaque appareil est déterminée grâce à leur puissance (en W) et leur durée d'utilisation (en h/jour) afin d'en déduire l'énergie totale journalière, mensuelle et même annuelle. Ainsi, on a :

$$E(\text{Wh/jour}) = P * t \quad (3.1)$$

$$E_{\text{Totale}}(\text{Wh/jour}) = \sum_i E_i \quad (3.2)$$

ECOLE Martyr ABID HABIB – MAZOUNA W. RELIZANE						
Blocs à alimenter	Liste des appareils	Nombre d'appareil	Puissnce (w)	Nombre d'heures d'utilisation	Bilan énergétique WH/J	
					alternatif	continu
Cantine	Réfrigérateur	1	300	-	-	0
	suppresseur	1	370	-	-	0
	mixeur	2	20	-	-	0
	TUBE à LED	8	10	-	-	0
Administration	Pc + imprimante	2	90	8	1440	0
	TUBE LED	6	10	6	360	0
	machine à café	1	20	1	20	0
Couloirs	TUBE LED	20	18	6	2160	0
Bloc SANITAIRE	LED	8	11	6	528	0
10xclasses	Tube à led	50	18	6	5400	0
Cours	Eclairage extérieur	6	40	12	2880	0
Lampes murales	Eclairage extérieur	0	10	12	0	0
			Energie Totale en Wh/J		12 788	
			Energie Totale Globale en Wh/J		12 788	

Tableau 3.2 : Différents appareils de consommation.

La consommation totale journalière d'énergie de l'application est calculée en additionnant consommation journalière de chaque récepteur :

$$Et = E1 + E2 + E3 + E4 + E5 + \dots \quad Et = [(p1.t1) n1] + [(p2.t2) n2] + [(p3.t3) n3] + [(p4.t4) n4] + [(p5.t5) n5] = Wh/j \quad (3.3)$$

Avec :

P1 : Puissance du récepteur (W) ;

t1 : Temps d'utilisation du récepteur par jour (h/j);

n1 : Nombre de récepteur ;

L'énergie Total= Administration + couloirs + bloc Sanitaire + 10.classes + cours + lampes murales

Administration= (PC + imprimante) +Tube LED +machine à café=1820WH/J

Couloirs= Tube LED=2160 WH/J

Bloc Sanitaire= LED=528 WH/J

10. classes= Tube à led=5400 WH/J

Cours= Eclairage extérieur=2880 WH/J

Lampe murales= Eclairage extérieur =0

Donc :

L'énergie Total= 1820+2160+528+5400+2880=12788 WH/J

D'où L'énergie Total= 12788 Wh/J = 12.788 KWh/J

➤ Besoins d'énergie dans le temps en fonction de l'occupation du site

Après la consommation globale journalière, il faut étudier sa variation dans le temps (hebdomadaire, mensuelle voire saisonnière) en fonction de l'utilisation des exploitants. Le dimensionnement des panneaux photovoltaïques dépend de la fréquence d'occupation de l'habitat et le dimensionnement du système photovoltaïque. Pour une consommation de week-end, le calcul du dimensionnement est fondé sur une valeur moyenne de consommation obtenue en multipliant la consommation totale journalière par 2/7, soit la consommation de 2 jours étalée sur 7 jours.

$$BjWh/jour = ETotale \quad (3.4)$$

$$PjWh/jour = \sum Pi \quad (3.5)$$

$$Bj = 12.788 \text{ KWh}$$

$$Bh = Bj \times 7 = 89.46 \text{ KWh}$$

$$Bm = Bh \times 4 = 357.84 \text{ KWH}$$

$$Ba = Bm \times 12 = 4294.08 \text{ KWH}$$

Le tableau suivant détermine les valeurs citées:

	Besoins journaliers (Bj)	Besoins Hebdomadaire (Bh)	Besoins mensuels (Bm)	Besoins annuels (Ba)
Besoins en énergie (KWh)	12.788	89.46	357.84	4294.08

Tableau 3.3 : Les besoins du système PV dans les temps.

3.5. Détermination d'irradiation du site pour le dimensionnement :

3.5.1. La période d'ensoleillement

Le choix de la période d'ensoleillement utilisée dans ce travail est celle du mois le plus défavorable en se basant sur le principe que la puissance du système photovoltaïque sera suffisante en toute saison même s'il est relié au réseau vue la grande disponibilité de surface. [24]

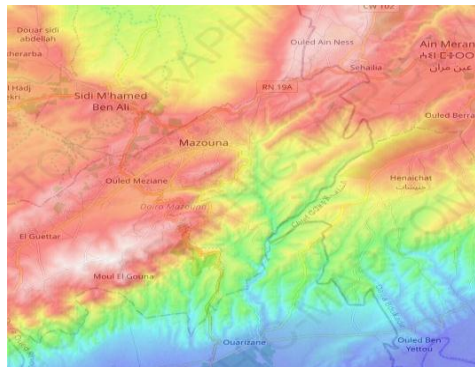


Figure 3.8 : Carte ensoleillement.

➤ Le nombre d'heures équivalentes

La notion d'heures équivalentes exprime la durée où l'ensoleillement maximal se produit au cours de la journée malgré la variation du rayonnement solaire.

Donc sa valeur N_e est obtenue suite à la connaissance de l'ensoleillement dont grâce aux données du logiciel(PVsyst6.1), on obtient douze valeurs moyennes E_{sol} du rayonnement solaire.

$$E_{sol} = N_e * 1000 \quad (3.6)$$

Avec

E_{sol} : L'ensoleillement du site (Wh/m²/jour)

N_e : Nombre d'heures équivalentes (h/jour)

$$\text{Soit : } N_e = \frac{E_{sol}}{1000}$$

3.5.2. Coefficient de perte

Plusieurs pertes interviennent dans le système photovoltaïque telles que :

Les pertes géographiques ou naturelles qui sont dues à l'inclinaison, l'orientation, les données climatiques, les modules PV, encasernement des modules, température, efficacité de la batterie ou composants constituant le système, les pertes électriques.

La somme des différentes pertes vaut :

$$Cp = 0.60$$

3.6. Détermination et importance de l'orientation et d'inclinaison des panneaux

Pour optimiser au mieux la production l'énergie d'une installation solaire. Il est très important de ne pas sous-estimer l'importance de l'inclinaison et d'orientation du panneau solaire.

Les critères à prendre en compte pour un rendement optimal des panneaux

Orientation et inclinaison

Dans la mesure du possible, il est conseillé dans nos latitudes d'orienter les modules en direction du sud. L'inclinaison optimale est fonction de l'usage de l'installation :

- Pour un fonctionnement annuel, ou ;
- Pour un fonctionnement saisonnier.

Sur notre site où le besoin est annuel, il est conseillé de privilégier la production d'électricité durant la période hivernale. Une inclinaison des panneaux correspondant à la « latitude du site + 10° » (par exemple à Mazouna : 35° + 10 = 45°) permet de recevoir un maximum de rayonnement solaire en hiver.

3.6.1. Détermination de la puissance crête des panneaux

La puissance d'un panneau solaire s'exprime en watts-crête (WC) ou kilowatts-crête (kwc). Cette puissance crête d'un panneau solaire correspond à la puissance maximale de production électrique qu'il peut délivrer. Il s'agit d'une puissance idéale fournie dans des conditions optimales : Un ensoleillement de 1000 W de lumière/m²

Une température extérieure de 25°C.

Une bonne orientation des panneaux et aucun ombrage. [25]

3.6.1.1. Calcul pratique de la puissance photovoltaïque

✓ Calculons l'énergie de production :

$$Ep = Bj/Cp = E_{total}/Cp \quad (3.7)$$

$$Ep = 12788/0.6 = 21313.3 \text{ watts}$$

✓ Calcul la puissance crête :

$$Pc = Ep/Nc \quad (3.8)$$

Nc = irradiation moyenne de 5.8 kWh/m² pour

$$Pc = 21.3133/5.8 = 3.6747 \text{ kwc}$$

$$Pc = 3674.7 \text{ WC}$$

Connaissant cette valeur on peut classer notre installation parmi les installations de grande puissance, et cela nous permettra de déterminer le nombre de panneau sur le site.

Le panneau choisi est : Panneau Peimar solaire Monocristallin 315W 24V/48V produit par la société Sarl Photovoltaic Systems Industries, les caractéristiques sont plus détaillées en annexe 1

Caractéristiques	Valeurs
Tension max (Vmp)	33.75 V
Courant max (Imp)	9.34 A
Tension circuit ouvert (Voc)	41.18 V
Courant court-circuit (Isc)	9.99 A
Puissance nom (W)	315 W
Rendement (%)	19.36%
Dimension (mm)	1640×992×40 mm (L× l× h)

Tableau 3.4: Quelques caractéristiques des panneaux.

3.6.1.2. Nombre de panneaux

Le nombre de module pour fournir la puissance de l'installation est déterminé par l'équation suivante :

$$Nb = Pc / \text{puissance de panneau} \quad (3.9)$$

Nb : Nombre de panneau solaire

$$Nb = 3674.712 / 315 = 11.66 = 12 \text{ panneaux}$$

$$Nb = 12 \text{ panneaux}$$

3.6.2. Dimensionnement et calcul le nombre de batterie

Toutes technologies confondues, la caractéristique principale d'un accumulateur, c'est la capacité. C'est la quantité d'énergie qu'il est à même d'emmagasiner, et donc celle qu'il est capable de restituer. Cette capacité s'exprime en Ampère-heure, symbole Ah.

Il faut savoir que la capacité restituée par un accumulateur n'est pas constante, même à charge égale. La capacité restituée dépend des conditions de décharge. Plus il fera froid et plus vous demanderez un courant important, plus la capacité de l'accu sera faible, et inversement. Pour une même technologie la capacité d'un élément est proportionnelle à son volume. Par contre pour deux technologies différentes, des mêmes capacités, les volumes ne sont pas du tout les mêmes. Ce rapport capacité / volume poids est caractérisé par la densité d'énergie exprimée en Wh/kg aussi appelé facteur de mérite. On parlera souvent dans le texte de la capacité nominale d'un accu (notée C ou Cn).

3.6.3.1 Profondeur de décharge

L'élément fourni de l'électricité tant qu'on lui en demande et qu'il lui reste de l'énergie chimique. Mais cela pose un problème. En effet si on laisse un accu branché trop longtemps en décharge sur un circuit, il va trop se décharger. Il va " s'éteindre " et il ne sera plus possible de le recharger. Pendant la phase de décharge l'accu se comporte comme tout générateur électrique. La tension disponible à ses bornes évolue en fonction du courant consommé du fait de sa résistance interne. A la fin de la décharge, quand l'accumulateur est vide, on constate une chute brutale de la tension. [26]

3.6.3.2 La capacité de batterie

Le nombre de jour d'autonomie est 1 jour noté N, Décharge maximale admissible est 60%.

Caractéristique technique de batterie choisie est :

Volts	12V
Marque	Exide technologies
Capacité batterie	230Ah
Poids	62.9kg

Tableau 3.5 : Caractéristique des batteries.

3.6.3.3. Nombre de batterie

la puissance globale stockée dans les batteries doit être égale à la consommation journalière×N

$$P_g = E_t * N = 12788 * 1 = 12788 \text{ Wh} \quad (3.10)$$

On prendre une batterie 12v/230Ah

$$P_{\text{batterie}} = u * c = 12v * 230Ah = 2760 \text{ Wh} \quad (3.11)$$

$$N_{\text{batterie}} = \frac{P_g}{P_{\text{batterie}}} = \frac{12788}{2760} = 4 \text{ batterie en série} \quad (3.12)$$

3.6.3. Dimensionnement de l'onduleur

Pour un projet autoconsommation, il nous faudra un onduleur pour transformer le courant continu (DC) produit en courant alternatif (AC) qui sera adapté à la plupart de nos appareils du quotidien. Quant au convertisseur de tension, il permet de convertir le voltage des batteries de stockage, nécessaire pour une autonomie électrique complète.

L'onduleur hybride Effekta 4000VA 48V est un combi convertisseur pur sinus, régulateur solaire MPPT et chargeur de batteries qui offre de multiples possibilités. Cet onduleur peut fonctionner dans des applications en site autonome grâce aux panneaux solaires et batteries mais est également adapté à un fonctionnement sur un groupe électrogène ou en complément du réseau électrique grâce à son entrée 230V AC.

En fonction de la programmation choisie, si les panneaux ne produisent pas assez d'énergie, l'onduleur pourra faire le complément en puisant dans les batteries ou sur le réseau électrique afin de pouvoir fournir la puissance nécessaire aux consommateurs. L'onduleur hybride peut aussi être configuré dans des applications électriques en triphasé.

En cas de connexion de multiples sources d'énergies: solaire, batteries, groupe ou réseau. L'onduleur gère intelligemment la gestion de la production, du stockage et de la fourniture d'énergie. [26] [27]

Marque	Onduleur hybride Effecta
Puissance	4Kw
Puissance crête (max)	4000VA
Tension d'entrée	48V
Tension de sortie	230V
Consommation en veille	2W
Poids	11.5Kg

Tableau 3.6 : Caractéristiques de l'onduleur.

3.6.4. Calcul de la section des câbles

Dans un système photovoltaïque, les câbles doivent être soigneusement choisis pour éviter des pertes de puissance trop importantes.

Elles doivent pouvoir fonctionner à températures de -20°C à 80°C.

Les câbles principaux de CC doivent être dimensionnés et connectés en respectant certains critères essentiels pour des raisons de sécurité et d'efficacité énergétique :

- ✚ supporter une tension de 1,15 x la tension de circuit ouvert.
- ✚ adapter la capacité du câble au transport du courant DC et AC (section des câbles) et pertes ohmiques dues aux chutes de tension.

Avant de calculer toutes les sections de câbles, on fait un plan électrique global de l'installation en prévoyant l'emplacement des composants aussi précisément que possible pour déduire les distances modules - boîtier de raccordement.

La section est calculée de façon à limiter les pertes en lignes; de façon à limiter la baisse de tension entre les différents composants à moins de 2%. [28]

On calcule la section des câbles, d'après les formules suivantes :

$$\begin{cases} S = \frac{\rho * L}{R} \\ R = \frac{\Delta V}{I} \\ \Delta V = e * V \end{cases} \quad (3.13)$$

Donc :
$$S = \frac{\rho * I * L}{e * V} \quad (3.14)$$

Avec :

P : résistivité du câble ($\rho = 1.8 * 10^{-8}$ ohm mm²/m pour le cuivre) ;

I : intensité du courant électrique ;

L : longueur du câble électrique ;

e : chute de la tension ;

V : tension du système PV.

Calcul de la section du câble électrique entre panneau via les boîtes de raccordement

En série :

$$S_1 = \frac{\rho * I * l}{e * V} = \frac{1.8 * 10^{-8} * 9 * 18}{0.02 * 37} = 4 \text{ mm}^2$$

On résume les calculs sur le tableau suivant :

Câblage entre panneau via les boîtes de raccordement	COURANT I pm	9 A
	TENSION	37 VDC
	Chute de tension ΔU max	2%
	longueur m	18 m
	Section mm ² (en série)	4 mm ²
	Section mm ² (en parallèle)	6 mm ²
Câblage entre panneau via onduleurs	COURANT I pm	18 A
	TENSION	75 VDC
	Chute de tension ΔU max	2%
	Longueur m	18 m
	Section mm ²	16 mm ²
	Câblage entre onduleurs via batteries	COURANT I pm
TENSION		48 VDC
Chute de tension ΔU max		2%
Longueur m		1.3 m
Section mm ²		35 mm ²

Tableau 3.7 : Section du câble.

3.7. Étude de faisabilité

Sous le poste « Étude de faisabilité », on retrouve la somme des coûts engagés pour évaluer la viabilité d'un projet. Cette phase essentielle a pour objectif d'aboutir à la validation définitive du projet sous ses aspects techniques, économiques et juridiques. Elles permettront notamment : - de définir le système envisagé (technologie, taille, puissance productible, onduleurs, ...), le mode d'intégration, les contraintes,... - d'élaborer le business plan de la société d'exploitation

- d'analyser les contraintes juridiques et réglementaires qui s'appliquent éventuellement sur le projet
Ces études conditionnent notamment le lancement des démarches juridiques (bail emphytéotique, création de la société d'exploitation de la centrale,...) et administratives (permis,...). A l'issue, la décision de lancement du projet est prise. [28]

- Fourniture et pose d'un champ photovoltaïque :

°: N	DESIGNATIONSYSTEME PV AUTOCONSOM	UNIT E	QTE	PU	MONTAN T
<u>1</u>	Panneaux photovoltaïques 315 W mono cristallin marque PEIMAR	U	12	28 000,00	336 000,00
<u>2</u>	Batteries solaires GEL 230 Ah 12 v avec accessoires marque Exide Technologie	U	4	45 000,00	180 000,00
<u>3</u>	Onduleur-chargeur pur sinus combi 4000 VA 48 V – 230 V marque EFFEKTA	U	3	180 000,00	540 000,00
<u>4</u>	Structure Porteuse pour la fixation des panneaux photovoltaïques, avec socle en béton et accessoires	FF	1	90 000,00	90 000,00
<u>5</u>	Lot de câblerie ; Câble solaire 4 mm ² , Câble solaire 6 mm ² Câble souple 16 mm ² , Câble souple 35 mm ²	FF	1	50 000,00	50 000,00
<u>6</u>	Une armoire électrique pour la mise en place du parc à batterie L'onduleur et les coffrets AC/DC avec accessoires pour le cheminement de câblage DC et AC, la mise a la terre du bâtiment,	ENS	1	150 000,00	150 000,00
<u>7</u>	Coffret AC/DC : disjoncteur différentiel Mono, parafoudre, disjoncteur différentiel Tri, inter sectionneur, coupe circuit batterie	ENS	1	50 000,00	50 000,00
<u>8</u>	Boite de jonction : parafoudre photovoltaïque, 24 fusibles, 24 portes fusibles 20 A, Inter-sectionneur 40 A 600 VDCet accessoires	ENS	1	35 000,00	35 000,00
<u>9</u>	Bacs à batteries	U	1	30 000,00	30 000,00
<u>10</u>	Travaux d'installation et de mise en marche	U	Ff	20%	292 200,00
				Sous- total	1 753 200,00

Tableau 3.8: Devis d'installation du système photovoltaïque.

3.8. Conclusion :

Ce système se compose de plusieurs éléments principalement les modules PV qui représentent le champ de captage des rayons solaires, les batteries qui constituent le champ de stockage de l'énergie produite par les modules, l'onduleur-chargeur qui assure la conversion du courant continu en courant alternatif (DC/AC) et permet de convertir le voltage des batteries de stockage, nécessaire pour une autonomie électrique complète.

Nous avons présenté le dimensionnement d'un système PV.

Nous avons fait une étude analytique en choisissant école Abid Hbib située dans la commune Mazouna de wilaya de Rilizane,

Le dimensionnement à montrer que couvrir les besoins de notre installation, on aura besoins de 12 panneaux PV de 315W, 4 batteries de 12V/230 Ah pour cette école, 3 onduleur chargeur.

Finalement, on peut dire que les systèmes PV hybride en autoconsommation peuvent jouer un rôle très important en apportant une solution réellement économique pour couvrir les besoins énergétiques.

Chapitre 4 : Simulation d'un système PV hybride en auto sommation.

4.1. Introduction :

Dans ce chapitre on va définir chaque élément de notre installation donner le logiciel Homer, en se basant sur toutes les données du dimensionnement calculé ou paravent. On a défini aussi la charge à satisfaire (électricité). D'autres données sont notamment nécessaires Les coordonnées du site (longitude, latitude, L'élevation, Les durées de vie des composants, ainsi que leurs coûts).

Homer permet d'obtenir la configuration optimale après une étude technico-économique d'une ou plusieurs installations connectées au réseau ou autonomes. Cette section est consacrée à la validation du logiciel conçu. Nous avons choisi le logiciel Homer comme outil de dimensionnement, afin de faire une analyse comparative.

4.2. Etude de projet avec le logiciel HOMER

4.2.1. Présentation du logiciel

HOMER est un logiciel développé pour des systèmes de production d'énergie Hybride. Il permet de faire des simulations de systèmes avec des énergies renouvelables et avec des énergies fossiles. Un de ses grands atouts est la possibilité de pouvoir simuler des systèmes hybrides combinant différentes sources d'énergie qu'elle soit renouvelable ou fossile. La première version a été développée en 1992 pour NREL (US National Renewable Energy Laboratory), il a ensuite subi de nombreuses améliorations dans plus de 40 nouvelles versions[28]

Présentation des différentes configurations étudiées

Nous avons déjà mentionné que deux types de configurations seront simulés afin de montrer l'incidence des batteries sur le coût d'un projet photovoltaïque relié au réseau.

Sur l'environnement Homer, nous avons défini chaque élément de notre installation, en se basant sur toutes les données et les caractéristiques fournies. En amont de l'installation, on définit le potentiel renouvelable disponible (solaire) en utilisant les données fournies. A l'aval de l'installation, d'autres données sont notamment nécessaires tel que :

- ✚ Les coordonnées du site (longitude, latitude, le temps) ;
- ✚ L'élevation ;
- ✚ Les durées de vie des composants, ainsi que leurs coûts ;
- ✚ La durée de vie du projet.

La mise en œuvre de la simulation sous l'environnement Homer s'effectue à travers une étude d'un cas, Afin de répondre à des objectifs définis dans la proposition du sujet et de démontrer la faisabilité de la mise en œuvre de la configuration choisie.

La première chose à faire est de naviguer sur la carte pour trouver le site où seront implantés les panneaux solaires. [29]

4.2.2. Les étapes à considérer pour la simulation :

1. Le choix des équipements (les générateurs photovoltaïque, l'onduleur chargeur et les nombre des batteries) ;
2. Nous avons saisi les informations pour chaque équipement (Puissance, cout d'investissement, de maintenances et de remplacement de chaque composante du système hybride) pour une durée de vie de 25 ans du projet avec un taux d'intérêt annuel de 6%.

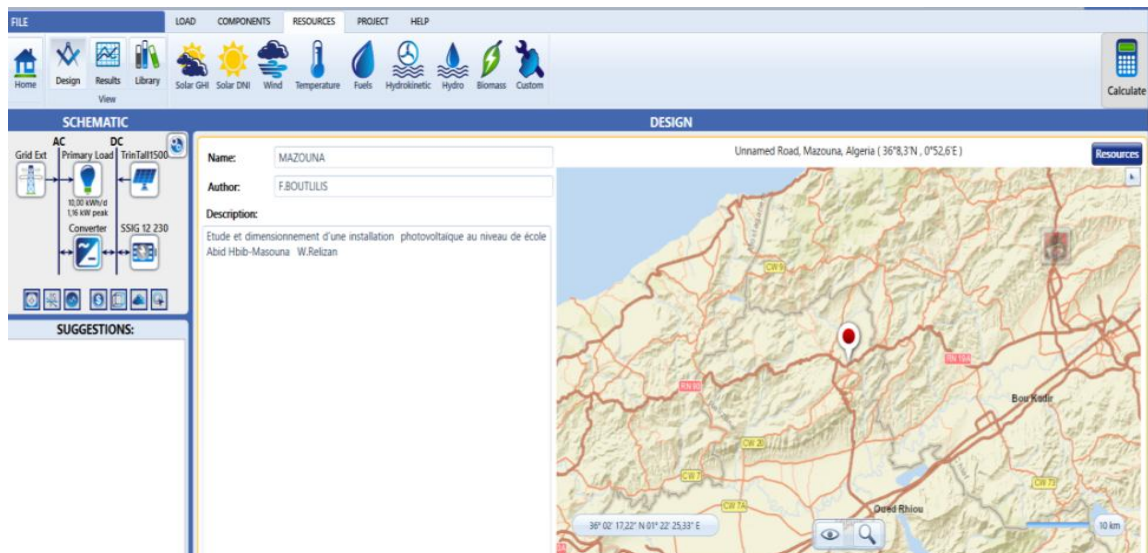


Figure 4.1 : Interface de logiciel de HOMER

Après avoir tiré les coordonnées, et la simulation lancée, on obtient de nombreux résultats. HOMER utilise la valeur de latitude pour calculer le rayonnement quotidien moyen à partir d'irradiation horizontale. (Voir la figure 4.2)

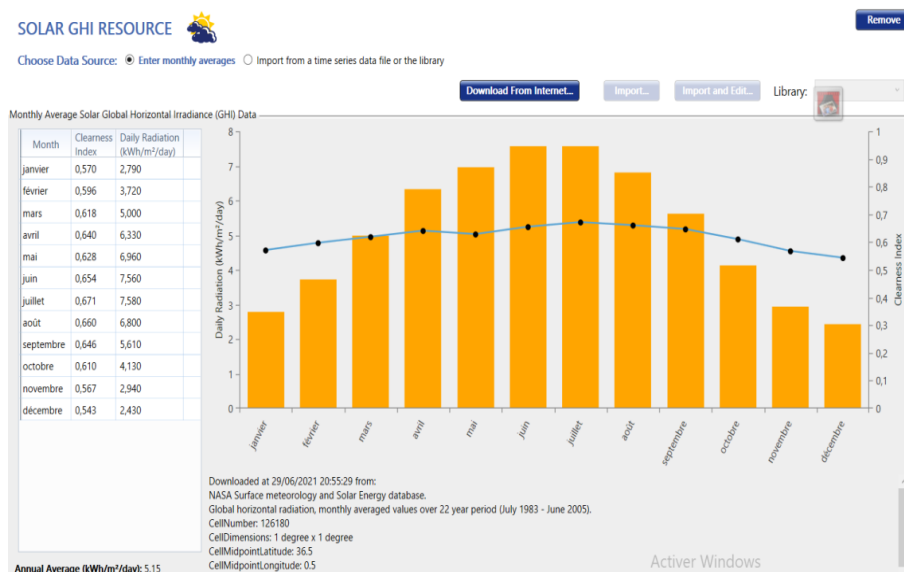


Figure 4.2 : Irradiation solaire (Mazouna)

Cette figure (4.2) représente l'irradiation solaire émis :

On remarque que l'irradiation solaire atteindra sa valeur maximale (7,560 et 7.580) respectivement dans les mois juin et juillet. Et moyenne est : 5.15 (kwh/m²/jour).

📊 Courbe de la charge d'une journée du site étudié

Le dimensionnement d'un tel système de production de l'énergie dépend essentiellement du profil de la consommation à satisfaire. La figure ci-dessous représente un profil de l'évolution journalière de la charge. Ce profil est considéré le même durant tous les jours de l'année.

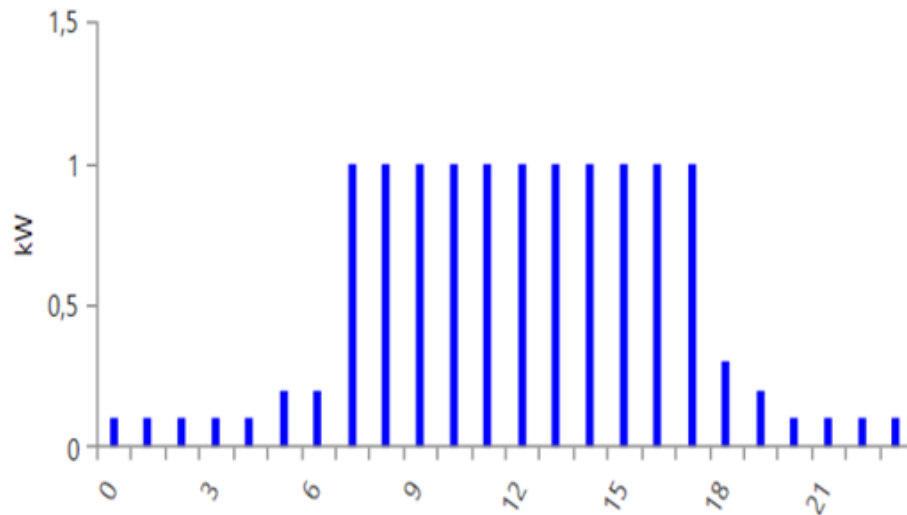


Figure 4.3 : Profil journalier de la courbe de charge.

On remarque qu'il y a un creux de consommation la nuit entre 00h et 06h et aussi entre 18h et 00h. Et une consommation constante entre 6h jusqu'à 18h.

Ces informations restent très difficiles à exploiter car le profil de consommation est aussi variable selon les saisons.

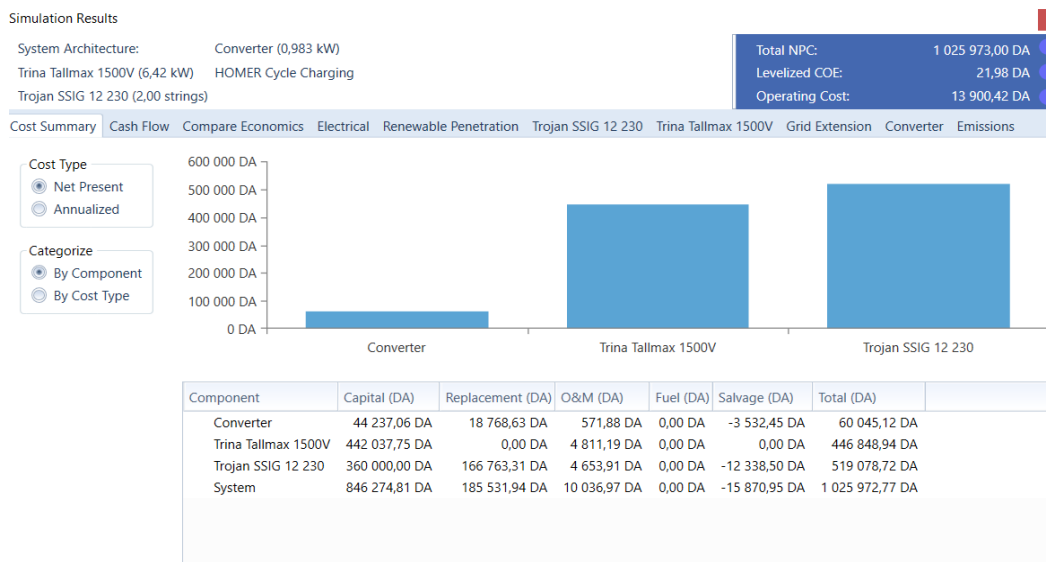


Figure 4.4 : Résumé des coûts de panneaux, batteries et onduleurs

Dans cette figure, on trouve les prix de chaque élément de notre système choisie :

- Le prix de panneau est 446 848,94 DA ;
- Le prix de la batterie est 519 078,72 DA ;
- Le prix de l'onduleur est 60 045,12 DA.

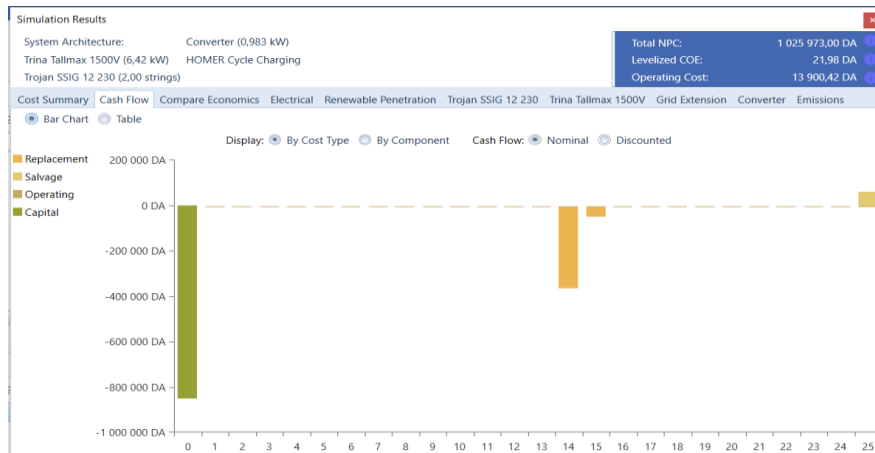


Figure 4.5 : Le flux de trésorerie de système.

Cette figure représente le flux de trésorerie de système et combien son cout ; on observe qu'un début, l'équipement nous a valu investissement qui apparaît excessive mais les rendements sont presque sûrs.

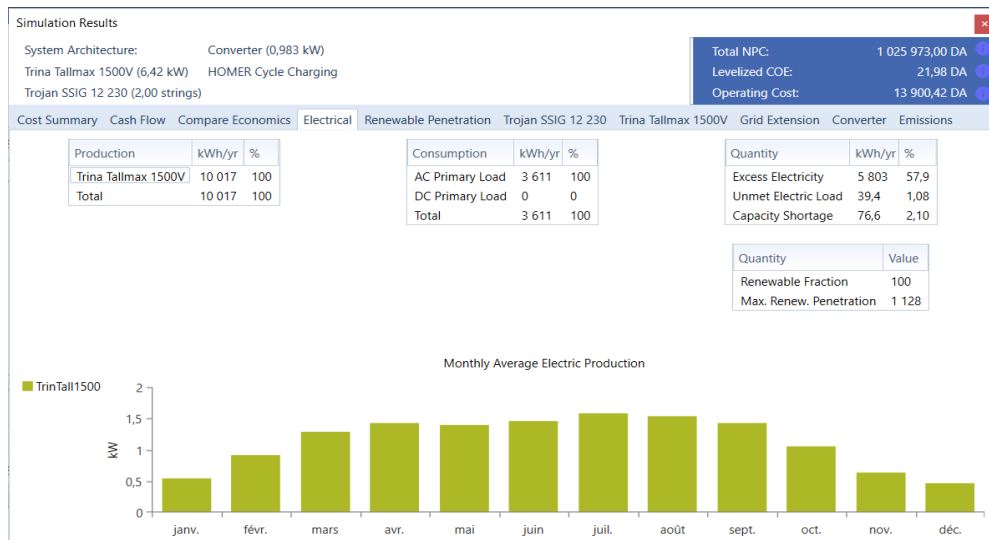


Figure 4.6 : La production électrique de panneau solaire.

Nous remarquons qu'il y a une différence dans la production de l'énergie électrique entre certains mois de l'année, alors que la production électrique est maximale dans les mois : juillet et août avec 2.5KW, et est relativement faible dans les mois janvier, novembre, décembre avec 0.6K.

- Production totale annuelle : 10017Kwh /an ;
- Consommation totale : 3611Kwh /an ;
- Excès d'électricité : 5803Kwh /an.

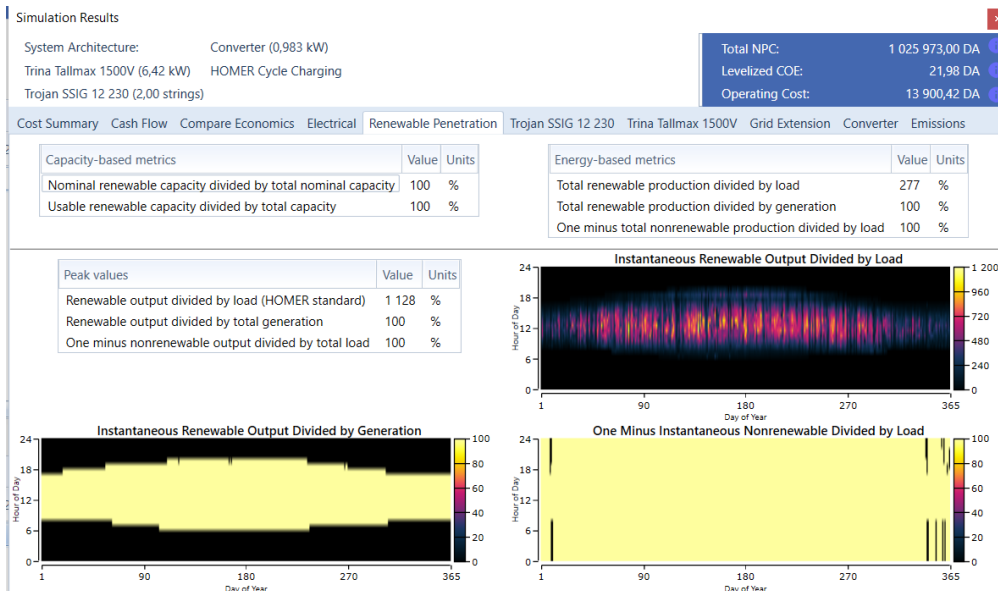


Figure 4.7 : Pénétration renouvelable.

Cette figure comprend le plan de la production d'électricité renouvelable instantané divisée par génération.

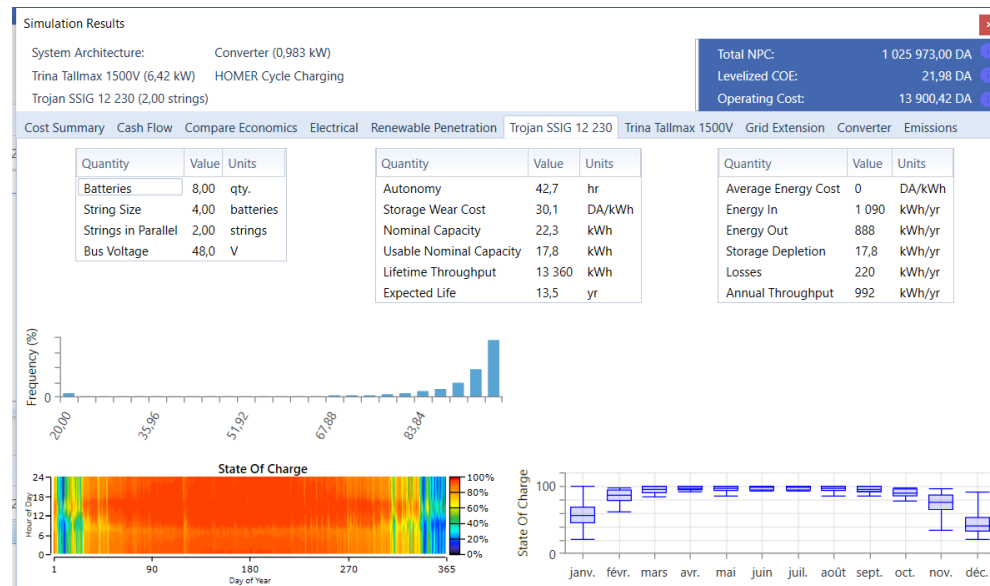


Figure 4.8 : Caractéristique de la batterie.

Ces deux figures représentent l'état de charge de batterie, cela inclut :

- ✓ Le nombre des batteries : 8 batteries ;
- ✓ L'énergie entrant (1090 KWh/an) et sortant (888 KWh/an) ;
- ✓ Capacité nominale (22.3KWh) et capacité nominale utilisée (17.8KWh) ;
- ✓ Durée de vie : 13.5 an ;
- ✓ Le rendement d'énergie :

$$\eta = \text{énergie sortant} / \text{énergie entrant}$$

$$A.N : \eta = 888/1090$$

$$\eta = 0.81$$

Ça veut dire un rendement de 80%

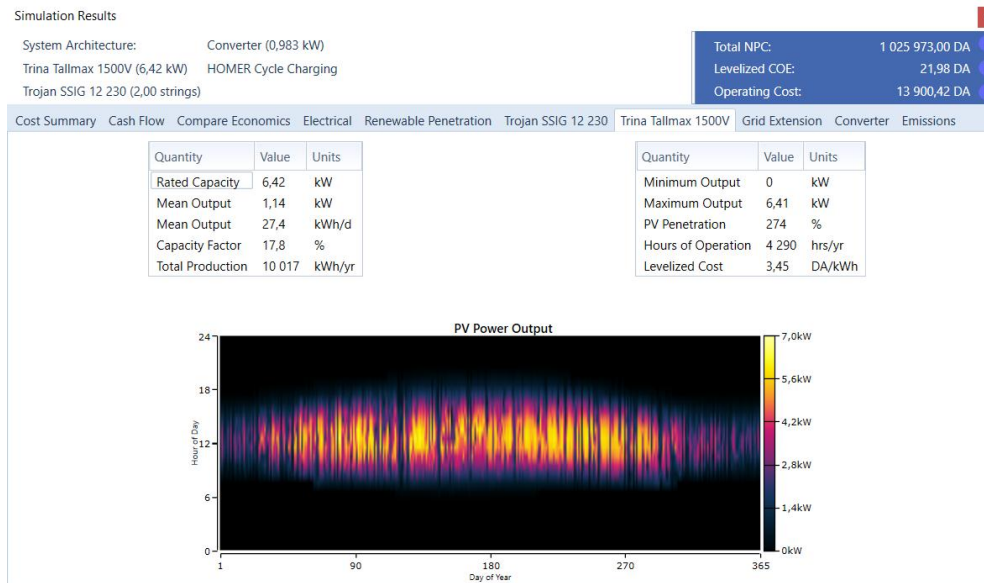


Figure 4.9 : L'énergie sortant de PV panneau solaire.

Cette figure représente la production d'énergie de panneau solaire

L'énergie totale est de : 10 017KWh/an ;

Capacité nominale est de : 6.42KW ;

Facteur de capacité : 17.80% .

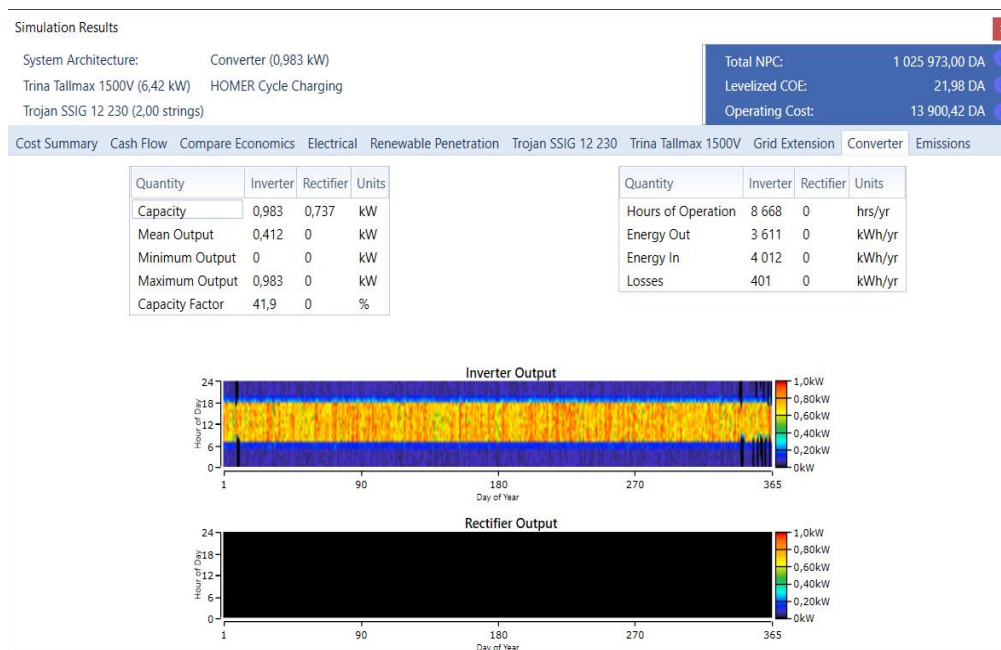


Figure 4.11: Caractéristiques de convertisseur.

Ces deux figures représentent les caractéristiques de convertisseur :

- Temps de fonctionnement : 8668hrs/a ;
- Les pertes : 401 KWh/an ;
- Capacité : 0.983 KW ;
- L'énergie maximale : 0.983 KW ;
- Facture de capacité : 41.9 %.

4.3. Conclusion

HOMER a été utilisé comme un logiciel de dimensionnement et d'optimisation. Il contient un certain nombre de modèles des composants de l'énergie et évalue les options technologiques appropriées basées sur le coût et la disponibilité des ressources. Dans ce chapitre, le dimensionnement du système est effectué en utilisant le logiciel HOMER-optimisation de simulation. Analyse avec HOMER le besoin d'informations sur les ressources, les contraintes économiques et les méthodes de contrôle. Elle exige également des entrées sur les types de composants, leur nombre, les coûts, l'efficacité, la longévité.

On remarque clairement que le cout calcule par HOMER et proche à celui calculé par l'entreprise donc le projet est faisable.

Conclusion général

Un système PV est un système générateur d'électricité pour répondre à des besoins énergétiques.

Ce système se compose de plusieurs éléments principalement les modules PV qui représentent le champ de captage des rayons solaires, les batteries qui constituent le champ de stockage de l'énergie produite par les modules, l'onduleur qui assure la conversion du courant continu en courant alternatif et les fils électriques qui assurent la connexion entre différents composants du système.

Le premier chapitre a été consacré aux généralités sur l'énergie renouvelable

Dans le deuxième chapitre, nous avons décrites l'énergie photovoltaïque qui nous a aidés à entamer notre travail.

Le troisième chapitre contient l'essentiel d'un projet en cour d'achèvement, le projet porte sur le programme MICLAT (Ministère de l'Intérieur des Collectivités Locales et de l'Aménagement du Territoire) photovoltaïque, ensuite nous avons parlé de la formation que nous avons faite, la réalisation de système photovoltaïque.

Après nous avons présenté le site et en choisissant une de ces écoles dans la commune de Mazouna de la wilaya de Relizane, nous avons fait le dimensionnement de l'installation de notre système PV, cette étude nécessitait la connaissance des besoins d'énergie de l'école avec moins de pertes.

Dans le chapitre quatre, nous avons fait le dimensionnement et la simulation avec logiciel d'optimisation HOMER

L'utilisation du logiciel d'optimisation technico-économique homer nous a permis de valider nos résultats et de voir l'impact éventuel de ce champ PV dans la contribution au développement durable.

Les sites internet

[1] www.planete-energies.com

[2] wikipedia.org

[3] www.journal-eolien.org

[4] www.edfenr.com

[5] www.xpair.com

[7] www.edf.fr

[8] Les cours de M2-ER

[9] youmatter.world.fr

[10] www.europe-energie.com

[11] innovate-design.fr

[12] photovoltaique-energie.fr

[13] www.planete-energies.com

[14] energieplus-lesite.be

[15] Ecohabitation.com

[16] www.google.com

[17] www.sundous.com

[19] www.ase-energy.com

Bibliographique

- [20] M. Angel Cid Pastor « conception et réalisation de modules photovoltaïques électroniques »
Thèse Docteur de l'institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, 2006
- [21] <http://www.photovoltaique.guidenr.fr/index.php>, consulté le 18/0/2015
- [22] IF_ENERGIE_Mod5_Dimensionnement_PV_FR. PDF
- [23] HASSINI née BELGHITRI HOUDA « Modélisation, simulation et optimisation d'un système hybride éolien-photovoltaïque » Université Abou-Bakr Belkaid De Tlemcen, 2010
- [24] Ouadah AbdelKader, Ghoul Djebbar « Modélisation et simulation d'un système PV raccordé au réseau électrique ». Mémoire de fin d'études pour l'obtention du master 2, Université de Mostaganem, 2013.
- [25] M^{elle} Brihmat Fouzia « Etude conceptuelle d'un système de conditionnement de puissance pour une centrale hybride PV/ Eolien » ; Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 03/07/2012.
- [26] Bemana Ngueouele Yannick ; « Modélisation des injections de Puissance d'un système PV sur Un réseau public », 2iE International Institute for Water and Environmental Engineering, 26/07/2012.
- [27] Olivier Gergaud « Modélisation énergétique et optimisation économique d'un système de production éolien et photovoltaïque couple au réseau et associé à un accumulateur » ; École Normale Supérieure De Cachan, 5 Déc. 2009.
- [28] F. Bouchtou checherfa « Etude et réalisation d'une centrale photovoltaïque connectée au réseau de distribution électrique BT » .Thèse de magister, Ecole National Polytechnique El-Harrach, 2004
- [29] Mechalikh Med Nadjib et Hamada Charaf Eddine « Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque en fonctionnement autonome et connecté au réseau » Université Kasdi Merbah– Ouargla, 25/06/2013.

Annexe

Annexe 1 : www.peimar.com