

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



Université Saad Dahlab, Blida-1
Faculté de Technologie



Département des Énergies Renouvelables

Par :

BENABDALLAH Zine El Abidine

Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de
MASTER EN ENERGIES RENOUVLABLES
OPTION : Conversion photovoltaïque

Thème :

**Etude des performances d'une centrale
photovoltaïque reliée au réseau cas de
Ain El M'elh 20 (MW)**

Soutenu devant le jury composé par :

Mr. DOUMAZ Toufik	M.A.A	USDB1	Président
Mr. BOUZAKI Mohammed Moustafa	M.C.B	USDB1	Encadreur
Mr. BENAHMED Abdelmoumene	M.C.B	USDB1	Examineur

12 Juillet 2021

ملخص:

في هذه المذكرة، سوف نتطرق الى موضوع محطة توليد الطاقة الكهربائية الضوئية المتصلة بشبكة الكهرباء بالتحديد دائرة عين الملح في مدينة بوسعادة.

يتعلق الامر بدراسة محطة الطاقة الكهروضوئية من وجهة نظر المشروع التي تبلغ مدة صلاحيتها التقريبية حوالي 30 سنة والتي تمر عبر عدة مراحل. نحن مهتمون كثيرا وبشكل خاص بمرحلة الاستغلال والإنتاج لأنها هي التي تظهر لنا التغيرات الطارئة ومختلف الحالات التي تمر بها المحطة خلال مدة الفحص، لأنها المدة الأطول، والتي تتطلب إجراء تحليل منتظم؛ لقدرة المحطة على الإنتاج. هذا التحليل المنتظم والمدقق مع صيانة المحطة ينتج عنه السير والإنتاج الأمثل للمحطة وهذا ما يلحقنا الى الاستثمار الأمثل في مجال الطاقات المتجددة وبالتحديد الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

الكلمات المفتاحية:

الطاقة الكهربائية الضوئية، خلية شمسية، محطة توليد الطاقة الكهربائية الضوئية المتصلة بشبكة الكهرباء.

Résumé :

Dans ce travail, nous aborderons le sujet de la centrale photovoltaïque raccordée au réseau, plus précisément de la commune de Ain el M'elh, dans la wilaya de m'sila. Il s'agit d'étudier la centrale photovoltaïque, d'un point de vue approximatif la durée de vie de cette centrale est de 30 ans. Cette étude passe par plusieurs étapes. Nous nous sommes intéressés aux étapes d'exploitation et de production car ce sont elles qui montrent les changements et les différentes conditions que la station subit au cours de la période d'examen devient une longue période nécessitant une analyse systématique de la capacité de la centrale qui assure la production idéale. Donc c'est pour atteindre l'investissement idéal dans les énergies renouvelables, notamment le solaire photovoltaïque.

Mots clés :

Energies photovoltaïque, cellule solaire, la centrale photovoltaïque connectée au réseau électrique, énergie solaire.

Abstract:

In this thesis, we shall deal with the photovoltaic power station which is connected to the electric network , precisely, in Ain El Melh, a viallge some 50 kilometres away from Bou-saada.

our study related to the photovoltaic power station concerns our perspective towards its approximate validity of 30 years which goes through several stages. We are concerned with the exploitation and the productive stages because these are the stages that reveal the different changes and conditions which the photovoltaic power plant undergoes during the supervision period which takes a long time requiring a systematic analysis of its production in order to ensure its reliability and ideal power of supply.

Therefore, our objective is to achieve the ideal investment in renewable energies, notably the photovoltaic solar energy.

key notes :

photovoltaic energies ... solar cell... the photovoltaic power plant connected to the electricity grid (network)...solar energy.

Dédicaces

Nous dédions notre modeste travail à :

A mes parents. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de nous combler. Que DIEU leur procure bonne santé et longue vie.

A ma sœur et mon frère pour son encouragement indéfectible

Aux personnes qui nous ont toujours aidés et encouragés, qui étaient toujours à nos côtés, et qui nous ont accompagné durant notre chemin d'études supérieures,

A la famille BENABDALLAH et ZORDANE

Remerciements

Avant tout, nous tenons à remercier DIEU tout puissant pour la volonté, la santé, la patience et le courage qu'il nous a donné durant ces longues années d'études afin qu'on puisse arriver à ce stade.

Mes sincères remerciements vont :

- à ma familles " mes parents principalement ", pour leur patience, compréhension, encouragement, aides et soutien.

Pour avoir accepté de présider ce jury ;

- J'adresse mes remerciements aux membres de jury d'avoir accepté de nous honorer de leurs présences pour juger ce travail.

Pour avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail avec attention ;

- à mon promoteur, BOUZAKI Mohamed Moustafa

Pour toutes leurs orientations pertinentes et pour leur disponibilité ; pour avoir accepté de diriger notre travaille, sa gentillesse non mesurable et pour tous ses précieux conseils.

-à mon co- promoteur, DOUMAZ Toufik

Pour toutes leurs orientations pertinentes et pour leur disponibilité ; pour avoir accepté de diriger notre travaille, sa gentillesse non mesurable et pour tous ses précieux conseils.

Nomenclature - Symboles-Acronymes

Ncs : nombre de cellules en séries.

Nst : le nombre de cordes branchées en parallèle.

Nssm: le nombre total des sous-modules connectés en série.

PV : photovoltaïque.

I_{pv} : Courant du champ photovoltaïque.

V_{pv} : Tension du champ photovoltaïque.

V_{DC} : Tension continu.

I_{DC} : courant continu.

P_{DC} : Puissance continu.

SKTM : Shariket Kahraba wa Takat Moutadjadida.

LED : Light -emitting diode.

V.V : Vitesse de vent.

H : Humidité.

T : Température.

$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} S.I$ (constante de stefan – Boltzman).

P : Pression.

P.t : Puissance totale.

P_{max} : La puissance maximale.

R.G : Rayonnement globale.

GPV : Générateur photovoltaïque.

MPPT : Maximum power point tracing.

AC : Courant alternatif.

DC : Courant continu.

S.P.E : société de production d'électricité.

B : Angle d'inclinaison

η : Rendement de l'onduleur.

DZL : Diesel.

ϕ : Flux solaire.

En.R : Energie renouvelable.

Sommaire

INTRODUCTION GENERAL	1
I.1 INTRODUCTION	3
I.2 RESSOURCE SOLAIRE	3
I.3 COMPOSITION D'UNE CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE :	5
I.4 TYPES DES CENTRALES SOLAIRES	6
I.4.1 LES CENTRALES SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES (NOTRE CAS D'ETUDE) [1]	6
I.4.2 LES CENTRALES SOLAIRES THERMIQUES [1]	7
I.5 LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE CELLULE SOLAIRE [4]	9
I.6 STRUCTURE DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES [8]	10
I.6.1 UNE SERIE DE CELLULES PHOTO VOLTAÏQUES (SOUS MODULE OU BRANCHE) [8]	10
I.6.2 MODULE (PANNEAU) PHOTOVOLTAÏQUE : [8]	11
I.6.3 STRING ET CHAMP PHOTOVOLTAÏQUE [8]	11
I.7 LA DUREE DE VIE DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES	12
I.7.1 DUREE DE VIE MOYENNE DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES [2]	12
I.8 INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DE L'ECLAIREMENT SUR LE FONCTIONNEMENT D'UN MODULE PV	13
I.8.1 INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LE FONCTIONNEMENT D'UN MODULE PV	13
I.8.2 INFLUENCE DE L'ECLAIREMENT SUR LE FONCTIONNEMENT D'UN MODULE PV	13
I.9 LES DIFFERENTS TYPES DE SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES [8]	14
I.9.1 SYSTEME PV AUTONOME [8]	14
I.9.2 SYSTEME PV CONNECTE DIRECTEMENT AU RESEAU [8]	15
I.10 AVANTAGES ET INCONVENIENTS D'UNE INSTALLATION PV [5]	16
I.10.1 AVANTAGES [5]	16
I.10.2 INCONVENIENTS [5]	16
CONCLUSION	17
II.1 INTRODUCTION	17
II.2 PRESENTATION DE LA SOCIETE SKTM [9]	17
II.3 MOTIFS DE CREATION [9]	17
II.4 DOMAINES D'ACTIVITES [9]	18
II.5 LES CENTRALES PHOTOVOLTAÏQUES EN ALGERIE	19
II.6 CENTRALE SOLAIRE A AIN EL M'ELH [9]	20
II.7 CARACTERISTIQUES DE LA CENTRALE PV DE AIN EL M'ELH[10]	21
II.8 LES EQUIPEMENTS LA CENTRALE PV DE AINE EL M'ELH [10]	23
II.8.1 PANNEAUX PV ET SA FICHE SIGNALETIQUE	23
II.8.2 L'ONDULEUR	24
II.8.3 LE TRANSFORMATEUR 30 KV	24
II.8.4. LE TRANSFORMATEUR 60 KV (ELEVATEUR)	25
II.8.5. LE TRANSFORMATEUR 400 V	25
II.8.6 LE GROUPE DZL	26
II.8.7 LA STATION METEOROLOGIQUE	26
II.8.8 BOITE DE JONCTION	27
II.8.9 BOITE PARALLELE	28

II.8.10 LES ARRIVES ET LE SSA ET LE DEPART	28
II.8.11 L'EQUIPMENT DE PROTECTION ON LE TROUVE DANS LE POSTE D'EVACUATION	29
II.8.12 L'EQUIPEMENTS DE L'ENTRETIEN ET DE NETTOYAGE DES PANNEAUX ET DE LA CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE	29
II.8.13 PHOTOS AERIENNES DE LA CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE DE AINE EL M'ELH.....	30
II.8.14 L'ECLAIRAGE PUBLIQUE SOLAIRE.....	31
II.9 CONCLUSION	32
III.1 INTRODUCTION	33
III.2 ETUDE DES PERFORMANCES DE LA CENTRALE DE AINE EL M'ELH.....	33
III.2.1 ETUDE LE PREMIER CAS MOIS JANVIER 2021	33
III.2.1 ETUDE LE PREMIER CAS MOIS FEVRIER 2021	37
III. CODAGE DES JOURNEES D'ETUDE.....	40
III.3 ETUDES DES PERFORMANCES DE L'ONDULEUR DE LA CENTRALE DE AINE EL M'ELH	42
III.3.1 ETUDE DES CAS 07/01/2019 ET 07/01/2021.....	42
INTERPRETATION	43
CONCLUSION.....	43
CONCLUSION.....	49
CONCLUSION GENERALE	49
BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE.....	51

Liste des figures

CHAPITRE I

FIGURE (I-1) : COMPOSANTES DIRECTE ET DIFFUSE DE L'ECLAIREMENT AU NIVEAU DU SOL. [3]	4
FIGURE (I-2) : L'ORIENTATION ET L'INCLINAISON DU CAPTEUR SOLAIRE. [3]	5
FIGURE (I-3): CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE.....	6
FIGURE (I-4): CENTRALE SOLAIRE THERMIQUE.	7
FIGURE (I-5) : CENTRALE SOLAIRE THERMODYNAMIQUE.....	8
FIGURE (I.6) : FONCTIONNEMENT D'UNE CELLULE PV. [7]	9
FIGURE (I-7) : SOUS MODULE CONSTITUE DE NCS CELLULES CONNECTEES EN SERIES [8]	10
FIGURE (I-8) : MODULE CONSTITUE DE NSSM SOUS MODULES MONTES EN SERIES [8]	11
FIGURE (I-9) : CHAMP PHOTOVOLTAÏQUE COMPOSE DE NST STRINGS EN PARALLELE. [8].....	11
FIGURE (I-10) : INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LE FONCTIONNEMENT D'UN MODULE PV.....	13
FIGURE (I-11) : INFLUENCE DE L'ECLAIREMENT SUR LE FONCTIONNEMENT D'UN MODULE PV.....	14
FIGURE (I-12) : LA CARTE DES DIFFERENTES TECHNOLOGIES DES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES ET LES RENDEMENTS OBTENUS DANS LE MONDE.....	14
FIGURE (I-13) : INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME. [8]	15
FIGURE (I-14) : INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE COUPLEE AU RESEAU. [8]	15

CHAPITRE II

FIGURE (II-1) : LA CARTE DE LA CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE.	20
FIGURE (II-2) : LA FICHE TECHNIQUE DU PANNEAU PV ET LE MODULE PV.	23
FIGURE (II-3) : L'ONDULEUR SOLAIRE 1X500KW.	24
FIGURE (II-4) : LE TRANSFORMATEUR 30 KV	24
FIGURE (II-5) : LE TRANSFORMATEUR 60 KV.	25
FIGURE (II-6) : LE TRANSFORMATEUR 400V.	25
FIGURE (II-7) : GROUPE DIESEL	26
FIGURE (II-8) : STATION METEOROLOGIQUE.	27
FIGURE (II-10) : LA BOITE PARALLELE.	28

FIGURE (II-11) : LES ARRIVES ET LE SSA ET LE DEPART.	28
FIGURE (II-12) : L'EQUIPEMENT DE PROTECTION.	29
FIGURE (II-13) : L'EQUIPEMENTS DE L'ENTRETIEN ET DE NETTOYAGE.	30
FIGURE (II-14) : LA CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE.	30
FIGURE (II-15) : L'ECLAIRAGE PUBLIC SOLAIRE.	31
FIGURE (II-16) : LA DISTRIBUTION DES CENTRALE PV ET EOLIENNE EN ALGERIE.	31

CHAPITRE III

FIGURE (III-1) : LE DIAGRAMME REPRESENTE LA VARIATION DE LA PUISSANCE TOTALE EN FONCTION DU TEMPS	33
FIGURE (III -2) : LE DIAGRAMME REPRESENTE LA VARIATION DE RAYONNEMENT GLOBAL EN FONCTION DU TEMPS.	34
FIGURE (III -3) : LE DIAGRAMME REPRESENTE LA VARIATION DE LA TEMPERATURE EN FONCTION DU TEMPS.	34
FIGURE (III -4) : E LE DIAGRAMME REPRESENTE LA VARIATION DE LA VITESSE DE VENT EN FONCTION DU TEMPS.	35
FIGURE (III -5) : LE DIAGRAMME REPRESENTE LA VARIATION DE L'HUMIDITE EN FONCTION DU TEMPS.	35
FIGURE (III -6) : LE DIAGRAMME REPRESENTE LA VARIATION DE PRESSION EN FONCTION DU TEMPS.	36
FIGURE (III -7) : LE DIAGRAMME REPRESENTE LA VARIATION DE LA PUISSANCE TOTALE EN FONCTION DU TEMPS.	37
FIGURE (III -8) : LE DIAGRAMME REPRESENTE LA VARIATION DE RAYONNEMENT GLOBAL EN FONCTION DU TEMPS.	37
FIGURE (III -9) : LE DIAGRAMME REPRESENTE LA VARIATION DE LA TEMPERATURE EN FONCTION DE TEMPS.	38
FIGURE (III -10) : LE DIAGRAMME REPRESENTE LA VARIATION DE LA VITESSE VENT EN FONCTION DE TEMPS.	38
FIGURE (III -11) : LE DIAGRAMME REPRESENTE LA VARIATION D'HUMIDITE EN FONCTION DE TEMPS.	39
FIGURE (III -12) : LE DIAGRAMME REPRESENTE LA VARIATION DE LA PRESSION EN FONCTION DE TEMPS.	40
FIGURE (III -13) : I_{DC} EN FONCTION DU TEMPS.	42
FIGURE (III -14) : RAYONNEMENT GLOBAL EN FONCTION DU TEMPS.	42
FIGURE (III -15) : V_{DC} EN FONCTION DU TEMPS.	44
FIGURE (3-16) : LA TEMPERATURE EN FONCTION DU TEMPS.	44
FIGURE (III -17) : LA PUISSANCE (P_{DC}) EN FONCTION DU TEMPS.	45
FIGURE (III -18) : LA PUISSANCE (P_{DC}) EN FONCTION DU TEMPS.	46
FIGURE (III -19) : LE RAYONNEMENT GLOBALE EN FONCTION DU TEMPS.	46

FIGURE (III -20) : V_{DC} EN FONCTION DU TEMPS POUR LES DEUX JOURNEES.	47
.....	47
FIGURE (III -21) : LA TEMPERATURE EN FONCTION DU TEMPS POUR LES DEUX JOURNEES.	47
.....	47
FIGURE (III -22) : LA PUISSANCE (P_{DC}) EN FONCTION DU TEMPS POUR LES DEUX JOURNEES.	48
.....	48
FIGURE (III -23) : TOTALE ENERGIE PRODUITE(KWH) POUR LES MOIS DE JANVIER ET FEVRIER.	48
.....	48

Liste des tableau

TABLEAU (II-1): TABLEAU DES CENTRALES PHOTOVOLTAÏQUES EN ALGERIE .19
TABLEAU (II-2): FICHE TECHNIQUE DE LA CENTRALE.....21
TABLEAU (III -1) : CODE DE CORRESPONDANCE DES JOURNEES D'ETUDES.41

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction Général

Par sa situation privilégiée, l'Algérie dispose du plus grand gisement solaire du bassin méditerranéen. La durée moyenne d'ensoleillement du territoire algérien dépasse les 2000 heures annuelles, pour atteindre près de 3500 heures d'ensoleillement dans le désert du Sahara. Le total d'énergie reçue est estimé à 169 400 TWh/an, soit 5000 fois la consommation d'électricité annuelle du pays.

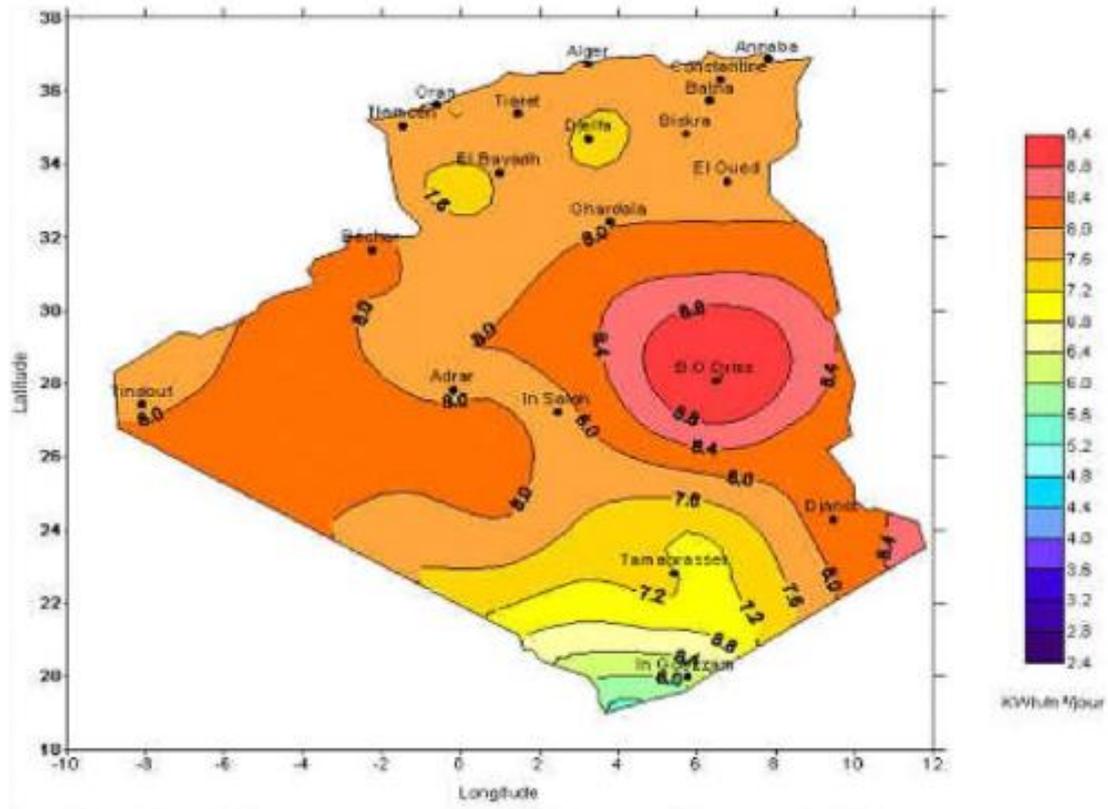


Figure (A) : Irradiation globale journalière reçue sur un plan horizontal sur le territoire algérien au mois de juillet. [5]

En a vu dernièrement le lancement par l'Algérie de programme de développement des énergies renouvelables, elle a basé son programme sur la production de l'électricité à partir de l'énergie photovoltaïque qui sera le moteur d'un développement économique durable à même d'impulser un nouveau modèle de croissance.

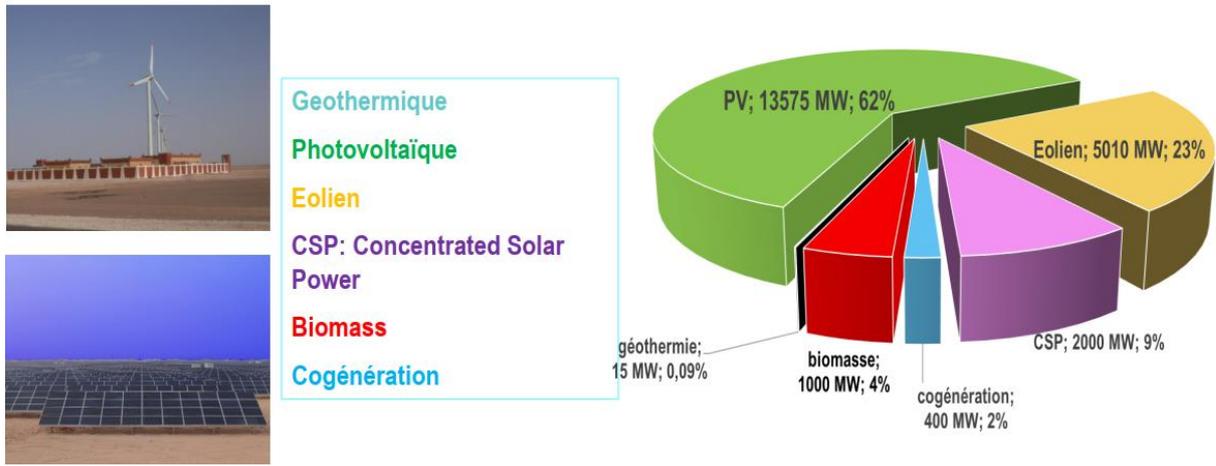


Figure (B) : Consistance, par technologie, du programme national des énergies renouvelables à l'horizon 2030.

Avec une vingtaine de centrales déjà installées, majoritairement au sud et dans les hauts plateaux, la capacité installée dépasse de peu les 343 MW, elles sont déjà en phase d'exploitation. Cette phase est cruciale, car du fonctionnement de la centrale durant cette phase et de la quantité d'énergie produite que va dépendre la durée de la période de remboursement de l'investissement et la rentabilité de ce dernier.

Ceci nous amène au but du présent mémoire, qui consiste à étudier le projet de centrale photovoltaïque de Ain El M'elh en phase d'exploitation pour montrer ses particularités ; les risques de dégradations, leurs causes et comment les prévenir pour augmenter la productivité de la centrale PV et comment améliorer le rendement.

Notre travail est présenté sur trois chapitres :

Le premier chapitre c'est des connaissances Préliminaires sur les centrales photovoltaïques, le programme des énergies renouvelables en Algérie et enfin, des notions sur le rayonnement solaire en Algérie. Ensuite, dans le deuxième chapitre, nous présentons une étude complète de la société S.K.T.M (propriétaire de cette centrale) ainsi que de la centrale PV. Enfin, le troisième chapitre, consiste en l'étude et analyse des résultats relatifs aux onduleurs, la centrale (la puissance totale produite, le rayonnement global et la température ambiante) ainsi que les données météorologiques (la vitesse du vent, l'humidité et la pression)

CHAPITRE I

Connaissances Préliminaires sur les centrales photovoltaïques

I.1 Introduction

Dans ce chapitre on va présenter les différentes composantes d'une centrale PV tel que les Panneaux photovoltaïques, Onduleurs /Régulateur, Transformateurs, Les câbles, Structure porteuse des panneaux PV, Batteries pour l'éclairage publique (système isolé), Boites a jonctions, Boites parallèles et Système d'appoint (Diesel, batterie...) pour la chambre de contrôle.

I.2 Ressource solaire

Le soleil émet un flux d'énergie que l'on peut décrire de façon approximative

par le rayonnement thermique d'un corps noir à 5760 K (RICAUD, 1997): la densité de puissance rayonnée par le soleil est approchée par la loi de Stefan :

$$\varphi_{soleil} = \sigma T^4 \quad (1)$$

Avec :

$$\begin{cases} T = 5760 \text{ K} \\ \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ S.I.} (\text{constante de stefan} - \text{Boltzman}) \end{cases}$$

Lorsque ce flux intercepte, selon la normale, une surface extérieure à l'atmosphère, sa densité vaut en moyenne 1350 W/m² environ. Cette grandeur est appelée constante solaire ; elle varie en fonction de l'activité solaire et du fait de l'ellipticité de l'orbite terrestre. La variation est inférieure à +/- 3%. A l'extérieur de l'atmosphère, une surface horizontale (c'est dire orthogonale à un rayon de la Terre) d'un mètre carré reçoit donc en moyenne environ 340 W (soit le quart de la constante solaire, ce qui correspond au rapport entre l'aire du disque terrestre et celle de la sphère terrestre). Pour une année, cela représente une énergie plus de

10 000 fois supérieure à la consommation mondiale d'énergie primaire en 2003 (statistique de l'Agence Internationale de l'Energie (IEA), publiée en 2005. Le rayonnement solaire est ensuite en partie réfléchi, en partie diffusé à l'intérieur de l'atmosphère, si bien que, au niveau du sol, on distingue : l'éclairement direct, en provenance de la portion de la voûte céleste occupée par le soleil (angle solide d'une ouverture de 5° autour du soleil), et le rayonnement diffus, en provenance du reste du ciel. Le rayonnement diffus est la résultante de plusieurs phénomènes : diffusion par les molécules (diffusion de Rayleigh, qui est à

l'origine de la couleur bleue de l'atmosphère) ou par des aérosols (diffusion de Mie, indépendante de la longueur d'onde du rayonnement), réflexion sur les nuages ou des poussières. La figure (I-1) illustre schématiquement ces phénomènes. La conversion photovoltaïque concerne les deux derniers 'éclaircissements, ce qui rend possible la production d'électricité solaire même au cours d'une journée nuageuse.

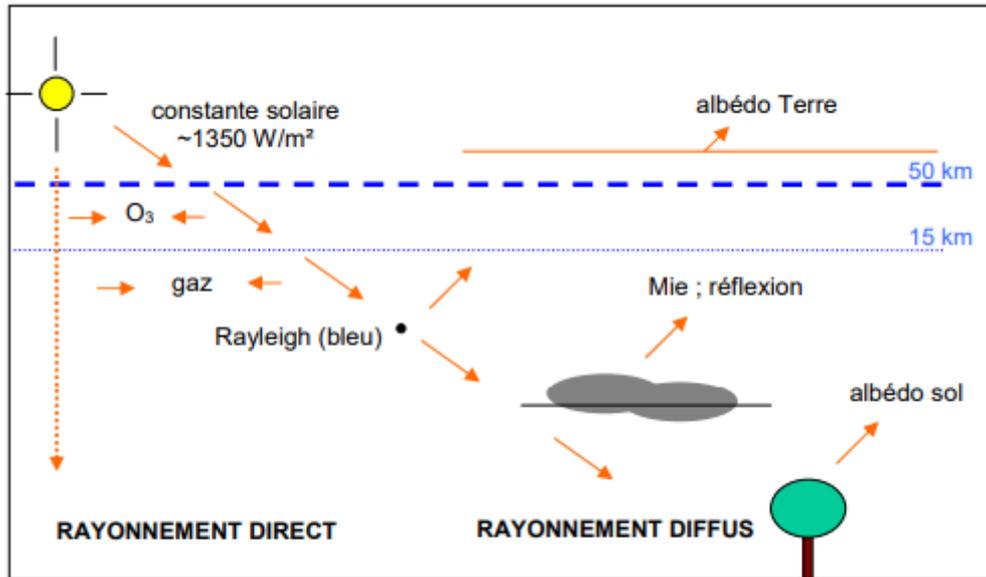


Figure (I-1) : Composantes directe et diffuse de l'éclairement au niveau du sol. [3]

La ressource disponible au niveau du capteur dépend de son orientation par rapport au soleil : la surface interceptée est proportionnelle au cosinus de l'angle d'incidence du rayonnement. L'estimation de la ressource solaire en un endroit donné n'est ainsi pas facilement réductible à un seul paramètre, puisqu'elle est fonction de l'orientation du plan du capteur solaire (Figure I-2). Si la composante directe peut être facilement calculée sur n'importe quel plan par des considérations géométriques, à condition de connaître sur un plan de référence, la composante diffuse, en provenance de toute la voûte céleste mais non isotrope ou du sol, contribue différemment à l'apport énergétique selon le plan considéré. Ainsi, l'orientation et l'inclinaison du capteur solaire par rapport au soleil sont essentiels : on privilégie les plans orientés face au soleil (au nord ou au sud selon l'hémisphère) et inclinés, dans la mesure du possible, selon un angle proche de la latitude du lieu. On peut faire varier cet angle pour optimiser l'apport énergétique solaire en hiver.

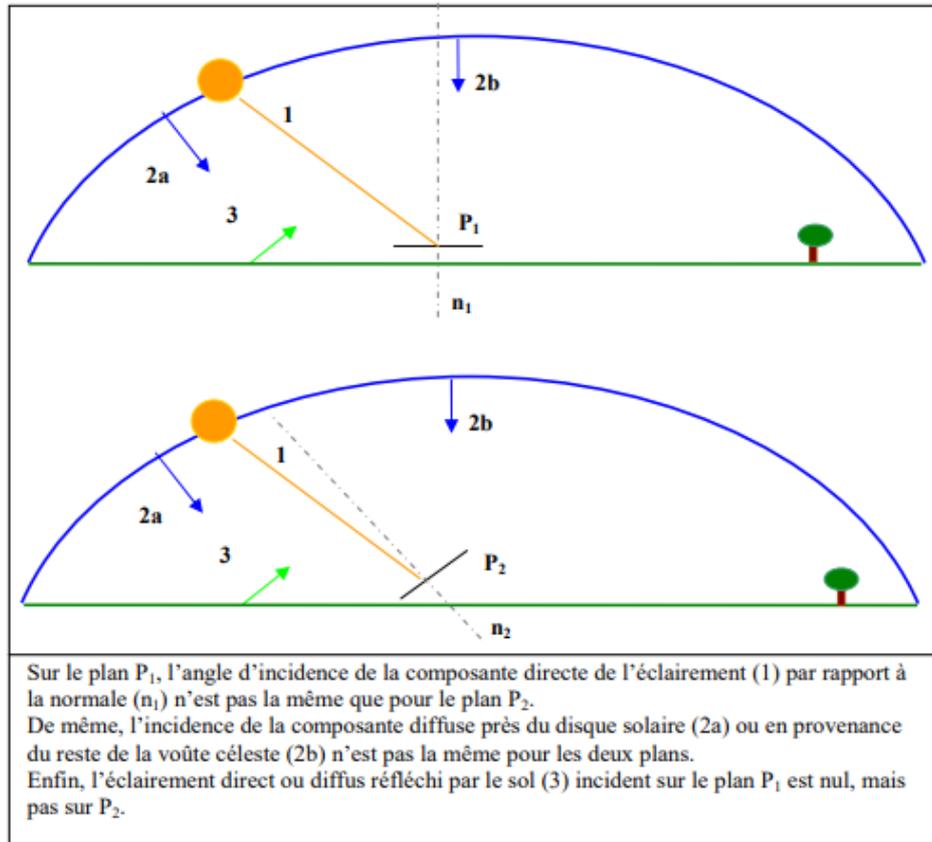


Figure (I-2) : l'orientation et l'inclinaison du capteur solaire. [3]

I.3 Composition d'une centrale photovoltaïque :

Une centrale photovoltaïque est composée essentiellement :

1. Panneaux photovoltaïques.
2. Onduleurs / Régulateur.
3. Transformateurs.
4. Les câbles.
5. Structure porteuse des panneaux PV.
6. Batteries pour l'éclairage public (système isolé).
7. Boîtes à jonctions.
8. Boîtes parallèles.
9. Système d'appoint (Diesel, batterie...) pour la chambre de contrôle.

I.4 Types des centrales solaires

Il en existe principalement trois types :

- Les centrales solaires photovoltaïques. (Notre cas d'étude)
- Les centrales solaires thermiques.
- Les centrales solaires thermodynamiques.

I.4.1 Les centrales solaires photovoltaïques (notre cas d'étude) [1]

Les centrales solaires photovoltaïques transforment le rayonnement solaire en électricité grâce à des cellules photovoltaïques intégrées à des panneaux. Ceux-ci être posés sur le sol ou peuvent être installés sur des toitures. Ils vont donc capter l'énergie solaire pour la transformation en électricité. 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.

Le silicium cristallin représente 90% du marché mondial des cellules photovoltaïques : ces cellules sont constituées de fines plaques de silicium, élément que l'on extrait du sable ou du quartz. D'autres types de cellules photovoltaïques se développent peu à peu comme les couches minces, les cellules organiques, les cellules à concentration et les cellules pérovskites hybrides.



Figure (I-3): centrale solaire photovoltaïque.

I.4.2 Les centrales solaires thermiques [1]

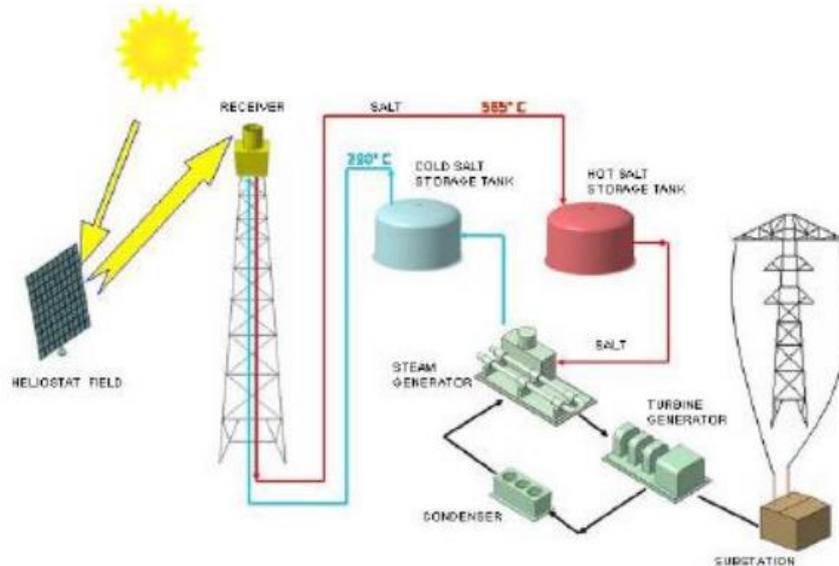
Les centrales solaires thermiques servent à produire de la chaleur, directement à partir de l'énergie thermique du soleil. La chaleur causée est généralement à une température chaude sanitaire.

Les trois types d'équipements, les plus courants sont les chauffe-eaux solaires individuels, les systèmes solaires combinés (permettant de produire de l'eau chaude sanitaire et du chauffage pour particuliers) et les systèmes d'eau chaude solaire collectif.

Un équipement solaire thermique ne permet jamais d'assurer 100% des besoins en eau chaude ou en chauffage d'un foyer. Ainsi, il doit toujours être complété par un autre dispositif.



(a)



(b)

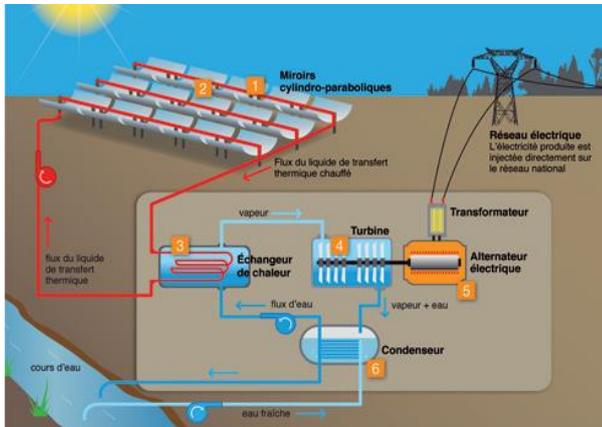
Figure (I-4): Centrale solaire thermique.

C) Les centrales solaires thermodynamiques [1]

Les centrales solaires thermodynamiques convertissent le rayonnement solaire en énergie, thermique ou électrique, selon le dispositif mis en place. Grâce à des miroirs, elles concentrent le rayonnement solaire dans un même endroit afin de chauffer un fluide caloporteur (qui transmet la chaleur), généralement des sels fondus ou de l'huile. Ce fluide atteint une haute température, autour de 400 degrés. La chaleur emmagasinée peut être utilisée directement pour des usages industriels ou utilisée pour produire de l'électricité via une turbine à vapeur.

Les centrales solaires thermodynamiques ont un avantage notoire sur les centrales photovoltaïques : la production d'énergie ne s'arrête pas lorsqu'il n'y a plus de soleil. En effet, la centrale peut continuer à fonctionner sans ensoleillement si elle possède un réservoir de stockage du liquide chauffé. Généralement, ces capacités de stockage peuvent être présentées entre 7 et 15 heures de fonctionnement de la centrale solaire thermodynamique.

Pour l'instant, ces dispositifs demandent un fort ensoleillement. Ils sont toutefois prometteurs car leur impact environnemental est très faible.



(a)



(b)

Figure (I-5) : centrale solaire thermodynamique.

I.5 Le principe de fonctionnement d'une cellule solaire [4]

Une cellule photovoltaïque est un dispositif qui permet de transformer l'énergie solaire en énergie électrique. Cette transformation est basée sur les trois mécanismes suivants :

-Absorption des photons (dont l'énergie est supérieure au gap) par le matériau Constituant le dispositif.

-Conversion de l'énergie du photon en énergie électrique, ce qui correspond à la création des paires électron/trou dans le matériau semi-conducteur.

-Collecte des particules générées dans le dispositif ; Le matériau constituant la cellule photovoltaïque doit donc posséder deux niveaux d'énergie et être assez conducteur pour permettre l'écoulement du courant d'où l'intérêt des semi-conducteurs pour l'industrie photovoltaïque. Afin de collecter les particules générées, un champ électrique permettant de dissocier les paires électron/trou créé est nécessaire.

Pour cela on utilise le plus souvent une jonction P-N. d'autres structures, comme les hétérojonctions et les Schottky sont également utilisés.

Le fonctionnement des cellules photovoltaïques est illustré sur la figure (I-6).

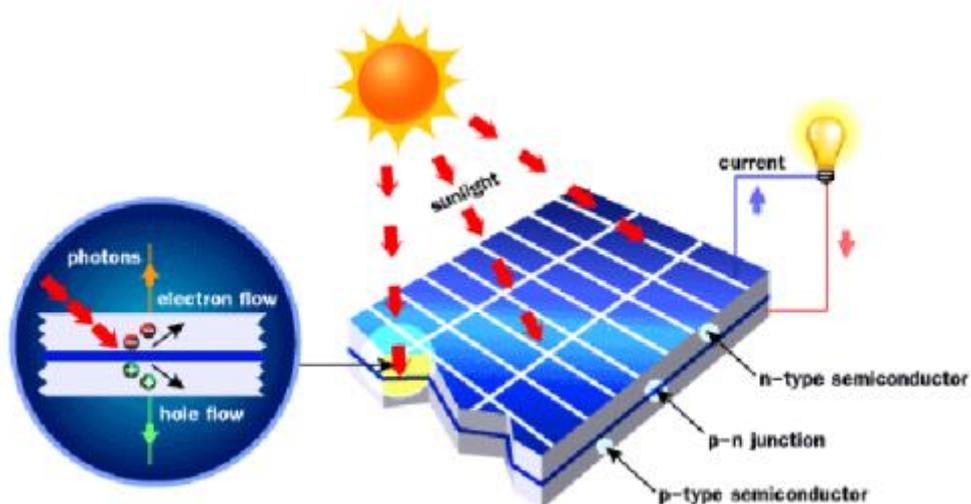


Figure (I.6) : Fonctionnement d'une cellule PV. [7]

I.6 Structure des panneaux photovoltaïques [8]

Généralement les cellules photovoltaïques sont associées pour constituer un panneau.

Ces derniers sont regroupés en série ou bien en parallèle la puissance demandée pour

protéger les modules PV contre le point chaud (hot-spot) à cause d'un déséquilibre

d'éclairement il faut monter une diode au silicium "diode by-pass" en parallèle tête bêche sur une branche en général de dix-huit cellules en série, cette diode sera conductrice dans le cas de l'ombrage d'une ou plusieurs cellules dans une branche et bloqué dans le cas normal.

I.6.1 Une série de cellules photo voltaïques (sous module ou branche) [8]

On dénomme sous module ou bien branche l'ensemble de cellules en séries connectées en parallèle avec une diode de protection.

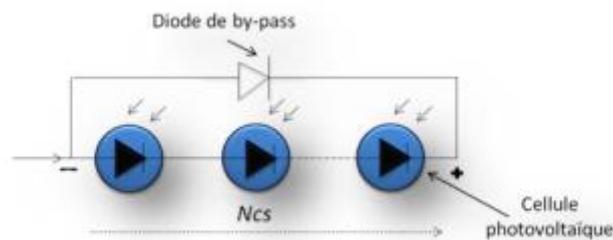


Figure (I-7) : Sous module constitué de Ncs cellules connectées en séries [8]

I.6.2 Module (panneau) photovoltaïque : [8]

Le module (panneau) est constitué d'un groupe de sous modules connectés en série pour

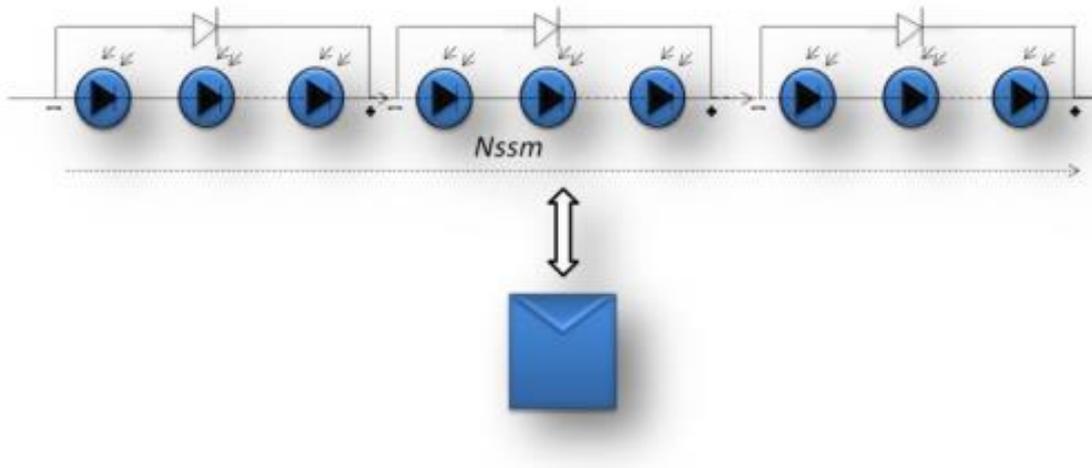


Figure (I-8) : module constitué de N_{ssm} sous modules montés en séries [8]

I.6.3 String et champ photovoltaïque [8]

Suivant la puissance du panneau, la chaîne est constituée de plusieurs modules généralement connecté en série. Ces cordes sont connectées en parallèle pour former un champ photovoltaïque. Pour éviter qu'une branche de cellules connectées en série ne reçoive de l'énergie d'autres chaînes connectées en parallèle, il faut installer dans chacune des branches des diodes en série (diode anti retour) comme indiqué dans la Figure(I-9)



Figure (I-9) : champ photovoltaïque composé de N_{st} strings en parallèle. [8]

I.7 La Durée de vie des panneaux photovoltaïques

I.7.1 Durée de vie moyenne des panneaux photovoltaïques [2]

Les panneaux ne préparent aucunes pièces susceptibles de s'user ou de casser et sont protégés des agressions du climat par un verre trempé. Ils sont génériques pour être exposés 24/24, 7/7, et pendant plus de 20 ans, aux conditions atmosphériques. Il est donc prévu qu'il résiste à la grêle. Les normes qui garantissent cette résistance à la grêle sont les normes n ° CEI 61215, n ° CEI 61646 et n ° CEI 61730. Elles obligent les fabricants à réaliser des tests en condition extrêmes, tels qu'un grêlon de 1,25cm de diamètre maximum lancé à 140km / h ne peut casser un panneau solaire photovoltaïque.

Ils sont donc résistants aux intempéries du type grêle et neige. Par ailleurs, les panneaux solaires n'attirent pas la foudre.

Les fabricants garantissent au minimum 80% de la puissance initiale après 25 ans. Vos panneaux restent donc performants ! C'est à vous de juger, selon vos besoins de production, à quel moment il sera nécessaire de remplacer votre installation. Et quand son heure sera arrivée, pensez à recycler vos panneaux solaires !

Avec le recul, on peut aujourd'hui estimer que des panneaux solaires de qualité, installés correctement et entretenus régulièrement vont fournir de l'électricité pendant 30, voire 40 ans.

I.8 Influence de la température de l'éclairage sur le fonctionnement d'un module PV

I.8.1 Influence de la température sur le fonctionnement d'un module PV

Lorsqu'on varie la température de 10 °C jusqu'à 70 °C, la caractéristique $I_{pv} = f(V_{pv})$ est donnée par la figure ci-dessous :

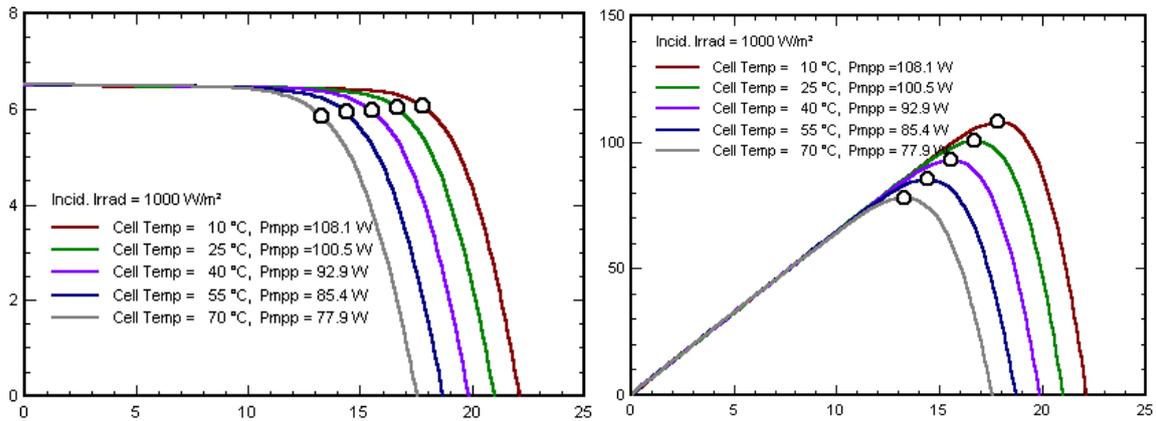


Figure (I-10) : Influence de la température sur le fonctionnement d'un module PV.

I.8.2 Influence de l'éclairage sur le fonctionnement d'un module PV

Lorsqu'on varie l'éclairage solaire incident sur le module PV on obtient une variation au niveau des caractéristiques I-V et P-V, elles sont données par la figure suivantes :

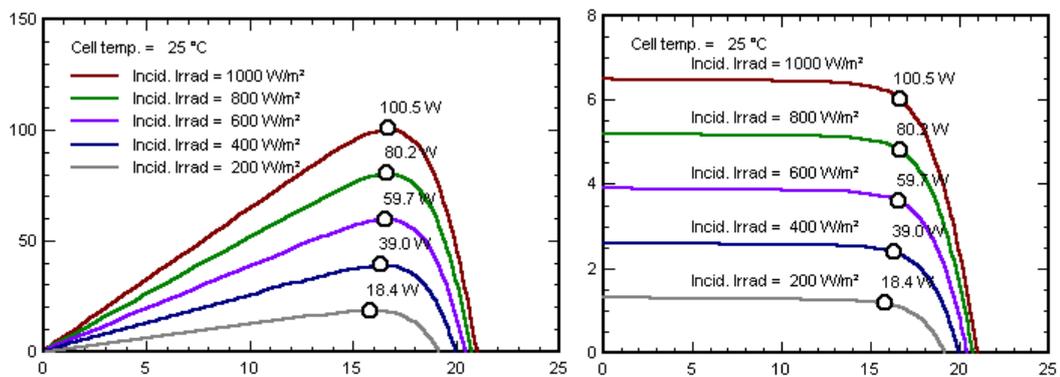


Figure (I-11) : Influence de l'éclaircement sur le fonctionnement d'un module PV.

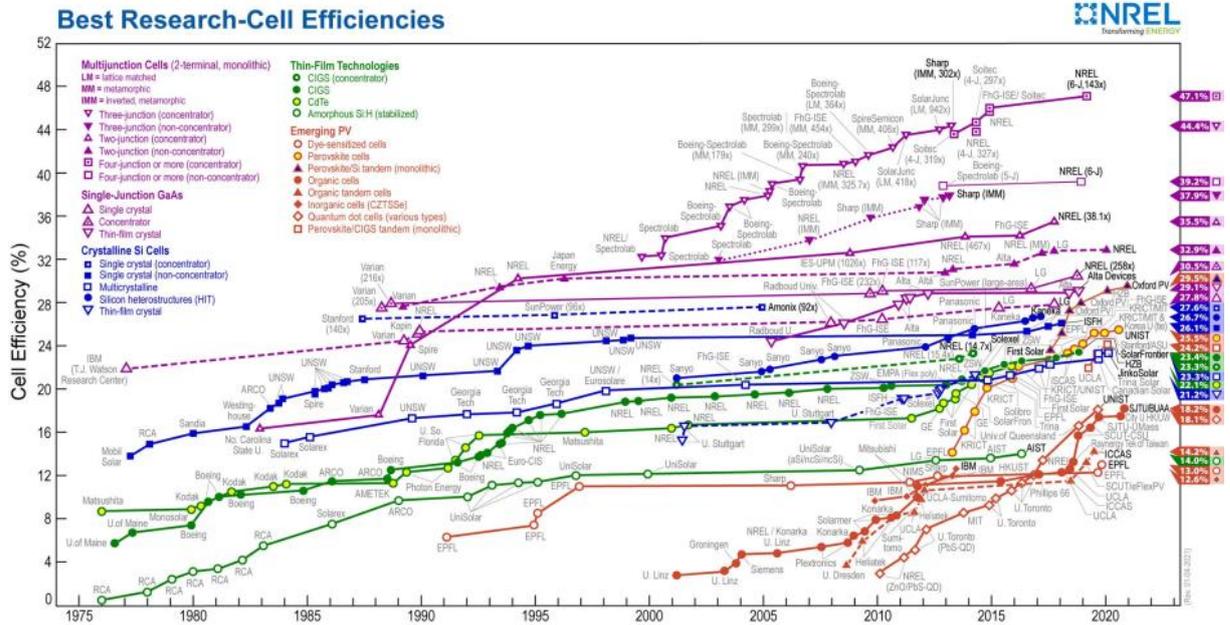


Figure (I-12) : La carte des différentes technologies des cellules photovoltaïques et les rendements obtenus dans le monde.

I.9 Les différents types de systèmes photovoltaïques [8]

I.9.1 Système PV autonome [8]

Autonomes ou « stand-alone », ces installations isolées ne sont pas connectées au réseau, mais elles doivent assurer la couverture de la demande de charge en tout temps. La puissance à la sortie du générateur photovoltaïque n'est pas suffisante pour satisfaire la demande de charge. Aussi, l'autonomie du système est assurée par un système de stockage d'énergie. En général ces installations comprennent quatre éléments :

1. Un ou plusieurs modules PV.
2. Le système de régulation.
3. Une ou plusieurs batteries.
4. L'onduleur.

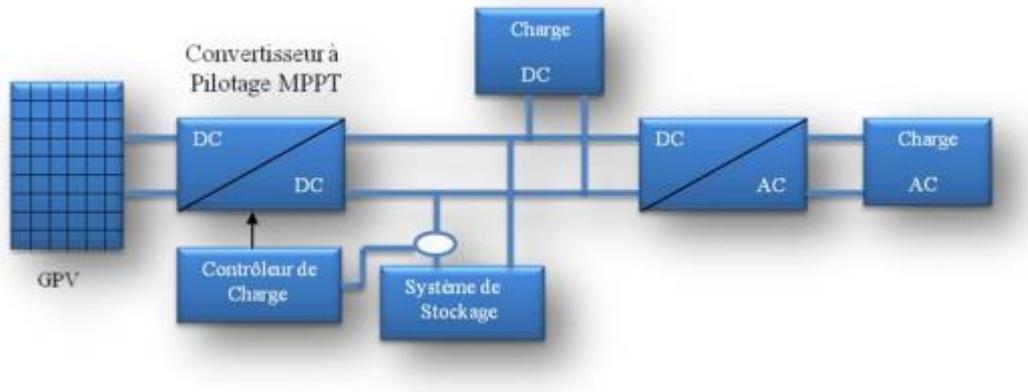


Figure (I-13) : Installation photovoltaïque autonome. [8]

I.9.2 Système PV connecté directement au réseau [8]

Les systèmes photovoltaïques connectés à un réseau permettent la décentralisation de la production sur ce réseau électrique figure(I-14) . L'énergie est produite plus près des lieux de consommation et non seulement par de grandes centrales nucléaires, thermiques ou hydroélectriques. Au fil du temps, les systèmes PV connectés à un réseau réduiront la nécessité d'augmenter la capacité des lignes de transmission et de distribution en ayant besoin d'acheminer uniquement son excédent d'énergie vers les zones en manque de production. Cette mise en commun des productions permet aussi un sous-dimensionnement des équipements de production complémentaires. Ces transferts se feront sans la nécessité d'acheter, d'entretenir une batterie d'accumulateurs. Il est toujours possible d'utiliser ceux-ci pour servir d'alimentation d'appoint lorsque survient une panne de réseau.

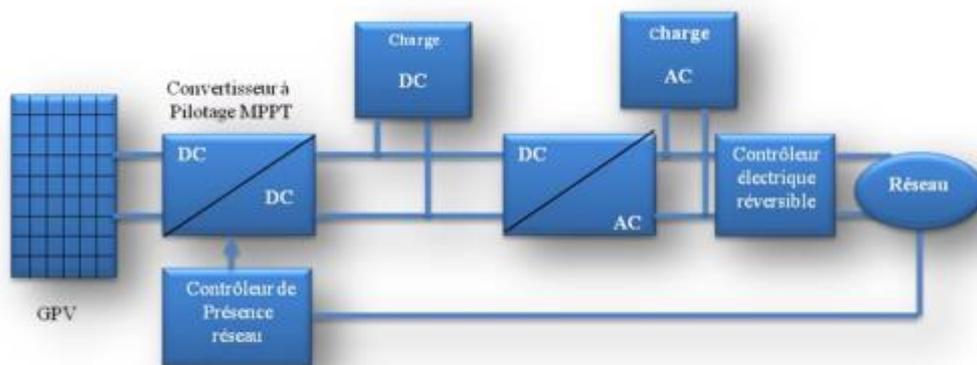


Figure (I-14) : Installation photovoltaïque couplée au réseau. [8]

I.10 Avantages et inconvénients d'une installation PV [5]

I.10.1 Avantages [5]

- d'abord, une haute fiabilité. L'installation ne comporte pas de pièces mobiles qui la qualifié particulièrement approprié aux régions isolées. C'est la raison de son utilisation sur les moteurs spatiaux.
- ensuite, le caractère modulaire des panneaux photovoltaïques permet un montage simple et adaptable aux besoins énergétiques divers. Les systèmes peuvent être dimensionner pour des applications de puissances allant du milliwatt au Mégawatt.
- le coût de fonctionnement est très faible vu les entretiens réduits et il ne nécessite ni combustible, ni son transport, ni personnel spécialisé.
- la technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologique car le produit fini est non polluant, silencieux et n'entraîne aucune perturbation du milieu, si ce n'est par l'occupation de l'espace pour les installations de grandes dimensions.

I.10.2 Inconvénients [5]

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

Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté les composants d'une centrale PV reliée au réseau et aussi les types des centrales solaire ainsi que les avantages et les inconvénients d'une installation PV.

CHAPITRE II

La société SKTM et la centrale PV de Aine El M'elh

II.1 Introduction

Dans ce chapitre on présente la société SKTM et on donne des caractéristiques sur la centrale photovoltaïque de (Ain El M'elh).

II.2 Présentation de La Société SKTM [9]

1- Shariket Kahraba wa Takat Moutadjadida, par abréviation SKTM, est une société de production d'électricité conventionnelle pour réseaux isolés du sud et des Energies Renouvelables pour le territoire national.

2- SKTM est une société par actions avec un capital souscrit en totalité par Sonelgaz et dont le siège social est situé à Ghardaïa.

3- Actionnariat : 100% filiale de la Holding SONELGAZ.

4- Création de la société :07/04/2013

II.3 Motifs de création [9]

La Société de production en charge des réseaux isolés du sud et des Energies Renouvelables, Shariket Kahraba wa Takat Moutadjadida, par abréviation SKTM, est une nouvelle société par actions avec un capital souscrit en totalité par Sonelgaz et dont le siège social est situé à Ghardaïa. Les statuts de SKTM ont été signés le 25 février 2012.

1- Les spécificités de gestion du parc de production Diesel du RIS (réseau isolé du sud) Les attentes considérables des populations du sud en matière de continuité et de qualité de service.

2- La volonté de concrétiser l'ambitieux programme national de développement des Energies Renouvelables. Constituent autant de motifs justifiant la création d'une société (filiale 100% de Sonelgaz) de gestion spécifique dotée de son propre management et autonome juridiquement et économiquement.

3- Cette option a aussi l'avantage de permettre à La Société de Production d'Electricité (SPE) de se concentrer sur les grands défis propres au réseau interconnecté.

II.4 Domaines d'Activités [9]

- 1- SKTM est chargée, principalement de l'exploitation des réseaux d'énergie électrique isolés du sud (production d'électricité en conventionnel) et des énergies renouvelables.
- 2- Du développement des infrastructures électriques du parc, de production des Réseaux Isolés du Sud, de l'Engineering, de la maintenance et de la gestion des centrales électriques relevant de son champ de compétence.
- 3- SKTM a la charge d'assurer la commercialisation de l'énergie produite pour les deux filiales de la Distribution SDO et SDC, et prochainement pour SDE et SDA après le déploiement des En.R sur les réseaux interconnectés.
- 4- SKTM peut engager toutes opérations de quelque nature qu'elles soient financières, commerciales, industrielles, civiles, immobilières se rattachant à cet objet social et de nature à favoriser, son développement, notamment par l'acquisition de tous équipements, matériels, pièces ou installations techniques liés à son activité et à tous procédés et savoir-faire pouvant se rattacher à l'objet social.
- 5- SKTM est chargée du respect des obligations de service public en matière de régularité et de qualité de fourniture d'électricité.

II.5 Les centrales photovoltaïques en Algérie

Tableau (II-1): Tableau des centrales photovoltaïques en Algérie.

Rang	Willaya	Gestionnaire d'installation	Puissance installée en (MW)	Coordonnées géographiques
1	Oued Nechou PV (Ghardaïa)	SKTM	01.1	32° 29' N, 3° 40' E
2	Sedret Leghzel (Naama)	SKTM	20	33° 16' N, 0° 19' E
3	Oued El kebrit (Souk Ahras)	SKTM	15	35° 56' 00" nord, 7° 55' 00" est
4	Ain Shouna (Saïda)	SKTM	30	34° 30' 20" nord, 0° 50' 59" est
5	Ain El Bel (Djelfa)	SKTM	20	34° 21' 17" nord, 3° 13' 22" est
6	Lekhneg (Laghouat)	SKTM	20	33° 44' 41" nord, 2° 47' 39" est
7	Télagh (Sidi-Bel-Abbès)	SKTM	12	34° 47' 06" nord, 0° 34' 23" ouest
8	Labioudh Sidi Chikh (El-Bayadh)	SKTM	23	32° 53' 55" nord, 0° 32' 40" est
9	El Hdjira (Ouargla)	SKTM	30	32° 36' 48" nord, 5° 30' 44" est
10	Ain-El-Melh (M'Sila)	SKTM	20	34° 50' 54" nord, 4° 09' 40" est
11	Oued El Ma (Batna)	SKTM	02	35° 38' 43" nord, 5° 59' 41" est
12	Adrar	SKTM	20	27° 52' 00" nord, 0° 17' 00" ouest
14	Àine Salah	SKTM	05	27° 15' nord, 2° 31' est
13	Kaberténe	SKTM	03	28°27'0" N 0°4'0" W
15	Timimoune	SKTM	09	29° 15' nord, 0° 15' est
16	Reggane	SKTM	05	26° 43' 12" nord, 0° 10' 16" est
17	Zaouiat Kounta	SKTM	06	27° 13' 00" nord, 0° 12' 00" ouest
18	Aoulef	SKTM	05	26° 58' 00" nord, 1° 05' 00" est
19	Tamanrasset	SKTM	13	22° 47' 13" nord, 5° 31' 38" est
20	Djanet	SKTM	03	24° 33' 18" nord, 9° 29' 06" est
21	Tindouf	SKTM	09	27° 40' 00" nord, 8° 09' 00" ouest
Puissance Totale (MW)			270	

II.6 Centrale Solaire à Ain El M'elh [9]

La centrale photovoltaïque à Ain El M'elh dans la wilaya de M'sila fait partie du « Projet 400 MW » de la SKTM. Filière de Sonelgaz en charge du développement des énergies renouvelables, la SKTM envisage de finaliser toutes les 23 centrales prévues à la fin de l'année 2015. Dans la région des Hauts Plateaux Centre, quatre installations sont prévues. Leur puissance cumulée sera 90 MW.

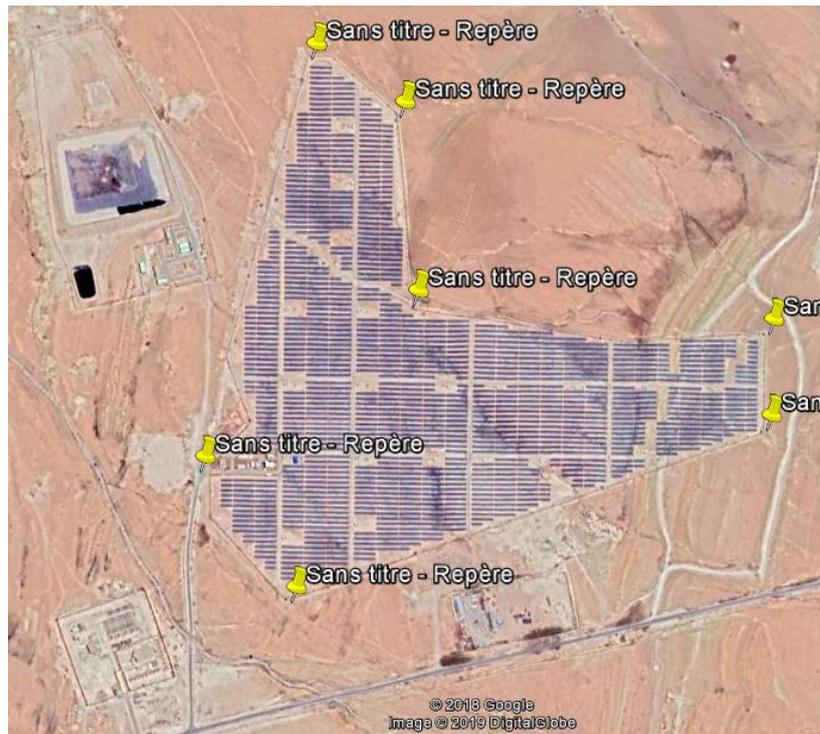


Figure (II-1) : La carte de la centrale photovoltaïque.

II.7 Caractéristiques de la centrale PV de AIN El M'elh[10]

Tableau (II-2): Fiche technique de la centrale.

Technologie	Polycristallin
Capacité	20MW
La surface	40 Hectare
Maître d'ouvrage	SKTM
Maître d'œuvre	Yingli Solar
Financement	SKTM

- 1- Le nombre de panneaux photovoltaïques de cette centrale est 80080 de type polycristallin d'une puissance $P = 250$ WC.
- 2- Elle comporte aussi 40 onduleurs : 20 onduleurs coté A composé de 2002 panneaux PV et 20 onduleurs coté B composé aussi de 2002 panneaux et la sortie de tension c'est $V=315$ V AC. Chaque un de $P= 500$ KW
- 3- Elle est composée de 20 transformateurs 315V AC à 30 kV AC (élevateur et abaisseur).
- 4- L'angle d'inclinaison des panneaux PV est $\beta= 33^\circ$ et une orientation des panneaux plein sud.
- 5- La puissance maximale atteinte à ce jour est $P_{max} =21.7$ MW mais elle est instantanée.
- 6- Un Générateur DZL.

- 7- Une Station météorologique pour mesurer (le rayonnement global, la température, la vitesse de vent, l'humidité, la pression et la durée d'ensoleillement).
- 8- Un Poste d'évacuation (poste d'envoi de l'électricité).
- 9- Une Chambre de pompage pour le nettoyage des panneaux PV et une petite partie d'eau pour d'autres utilisations.
- 10- Des Boites de jonctions niveaux 01 : la section de câble de sortie est 70 mm.
- 11- Des Boites parallèles niveaux 02 : la section de câble sortie est 240 mm.
- 12- Le nombre de poteaux d'éclairages publiques solaires est 68 pottos pour la clôture de la centrale de hauteur 4.7 m et pour l'éclairage intérieur 10 poteaux de 7 m de hauteur. Chacun d'eux (est un système autonome) et est composé de :
 - * Panneaux monocristallins d'une puissance de l'ordre de 140 Wc.
 - * 2 batteries (plaque plane) de 12 Volt et de capacité 120.
 - * D'un contrôleur de charge 10A-12A.
 - * D'une lampe LED de 24V/30W.
13. Chaque 1 MW elle comporte 24 boites de jonction et 8 boite parallèle un onduleur 5 kW et un transformateur.
14. Le maximum de production a lieu au mois de mars et d'avril.
15. 1MW est obtenu en mettant 22 panneaux en série dans chaque chaîne (string) et 182 branches en parallèles soit, $22 \times 182 = 4004$ panneaux $\times 20 = 80080$ panneaux (pour produire les 20MW de la centrale).
16. Le rendement de l'onduleur et $\eta = 97\%$.
17. Un camion pour le nettoyage des panneaux photovoltaïques.
18. Un camion pour la maintenance.
19. Un chauffe à eau pour la vaisselle, la douche etc.

II.8 Les équipements la centrale PV de Aine El M'elh [10]

II.8.1 Panneaux PV et sa fiche signalétique



(a)



(b)

Figure (II-2) : La fiche technique du panneau PV et le module PV.

II.8.2 L'onduleur

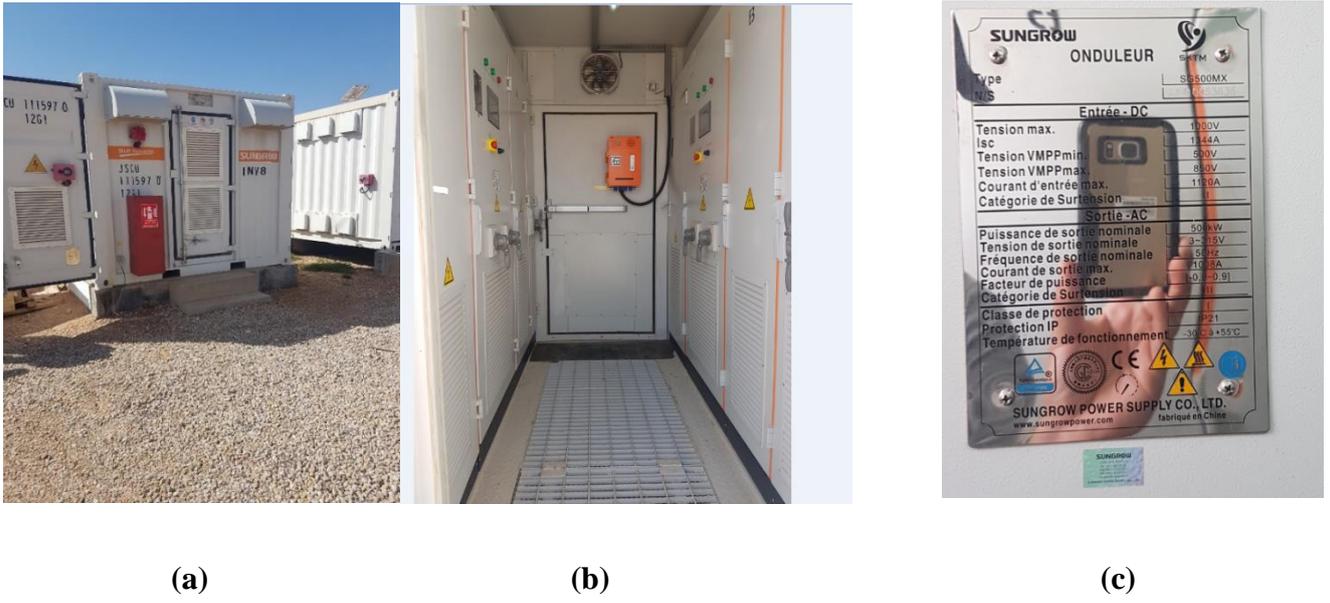


Figure (II-3) : L'onduleur solaire 1x500KW.

II.8.3 Le transformateur 30 KV



Figure (II-4) : Le transformateur 30 KV.

II.8.4. Le transformateur 60 KV (Elévateur)



Figure (II-5) : Le transformateur 60 KV.

II.8.5. Le transformateur 400 V



Type		SC10-160 / 31.5		No. de série		D241	
Capacité nominale	160	kVA		Code du produit	SSD21104337-1		
Normes	IEC60076-11			Fréquence nominale	50 Hz	3	Phase
Côté primaire	Tension nominale (V)	33075		Repère du groupe d'accouplement	Dyn11		
	Courant nominale (A)			Classe thermique	F		
	Impédance de court-circuit (%)			Valeur limitée d'augmentation de température	100 K		
		32288		Indice de protection	IP 20		
		31500	2.93	6.40	Mode de refroidissement	AN/AF	
Côté secondaire		30713		Conditions d'utilisation	Type intérieur		
		29925		Poids total	1670 kg	Date de fabrication	2015.01
		400	231				
Classe climatique	C2	Niveau environnemental	E2	Classe de performance de combustion	F1		
Niveau d'isolation	Borne de ligne HT LI/AC 170 / 70kV			Borne de ligne BT LI/AC 10/3 kV			

SUNTEN ELECTRIC EQUIPMENT CO.,LTD.
Numéro d'urgence: +86 757 22338222

Figure (II-6) : Le transformateur 400V.

II.8.6 Le Groupe DZL



Figure (II-7) : Groupe diesel.

II.8.7 La station météorologique





Figure (II-8) : Station météorologique.

II.8.8 Boite de jonction

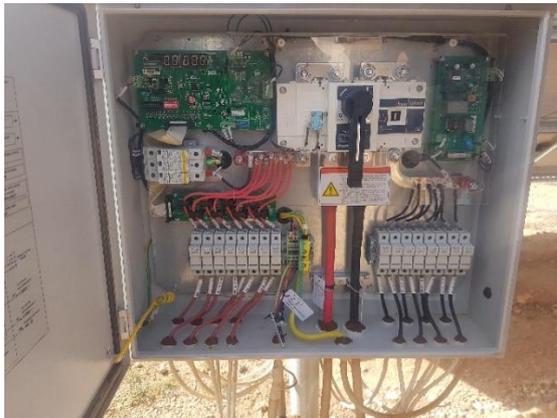


Figure (II-9) : La boite de jonction.

II.8.9 Boîte parallèle

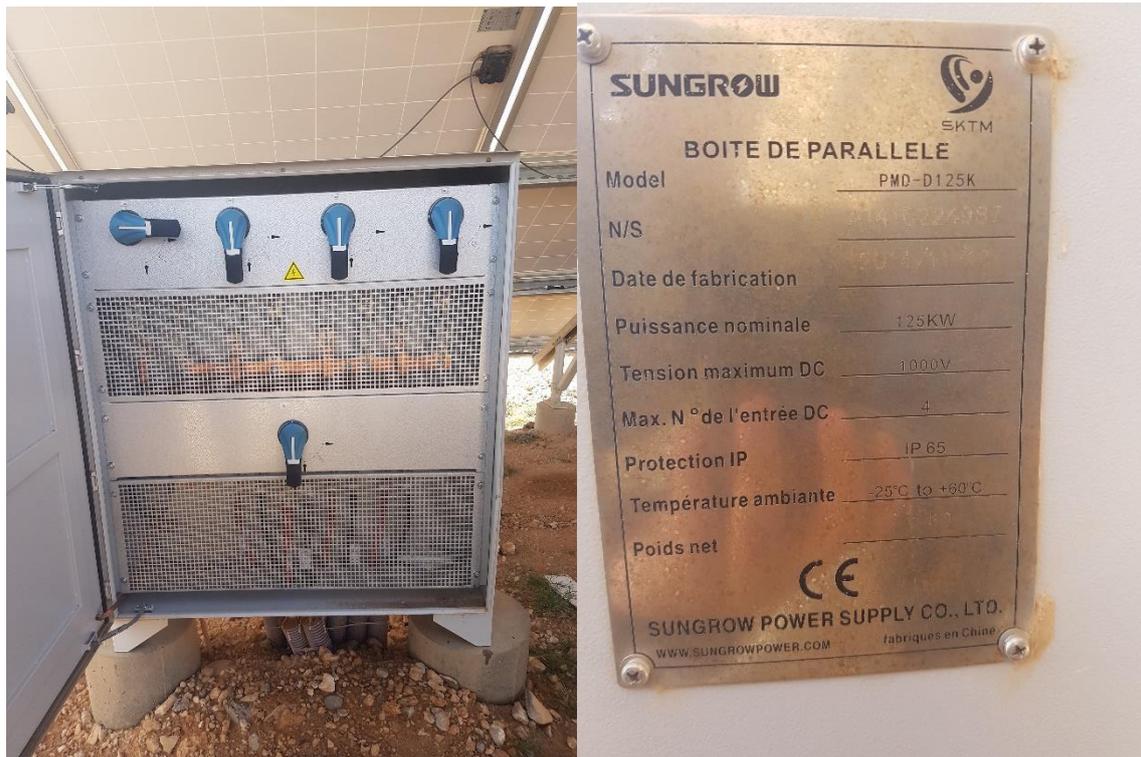


Figure (II-10) : La boîte parallèle.

II.8.10 Les arrivés et le SSA et le départ



Figure (II-11) : Les arrivés et le SSA et le départ.

II.8.11 L'Équipement de protection on le trouve dans le poste d'évacuation



Figure (II-12) : L'équipement de protection.

II.8.12 L'équipements de l'entretien et de nettoyage des panneaux et de la centrale photovoltaïque



(a)



(b)

Figure (II-13) : L'équipements de l'entretien et de nettoyage.

II.8.13 Photos aériennes de la centrale photovoltaïque de Aine El M'elh



Figure (II-14) : la centrale photovoltaïque.

II.9 Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté la société SKTM ainsi que la centrale PV et on a illustré les différents équipements de cette centra

CHAPITRE III

Etude et analyse des performances de la centrale de Aine El M'elh

III.1 Introduction

Dans ce chapitre on présente l'effet des conditions extérieurs (la température ; pression, le rayonnement ; vitesse de vent et humidité en fonction de temps) sur le mode de fonctionnement d'un onduleur (courant, tension et puissance) a deux différentes journées (07/01/2019 -07/01/2021 et le 24/03/2019 -24/03/2021). Avec la présentation des histogrammes de (la puissance totale produit par les champs photovoltaïques) à deux mois janvier et février 2021.

III.2 Etude des performances de la centrale de Aine El M'elh

Dans cette partie, on va étudier et analyser les performances de la centrale étudiée en fonction du temps pour les deux mois de janvier et février 2021.

Pour cela, on a divisé la journée trois

III.2.1 Etude Le premier cas mois janvier 2021

Dans les figures ci-dessous, les données de chaque jour du mois sont constituées de trois valeurs. La première correspond a la période allant de 8h00 à 12h00. La deuxième valeur va de 12h00 à 14h00 et enfin la troisième valeur va de 14h00 à 18h00. Chaque jour est donc représenté par trois histogrammes successifs.

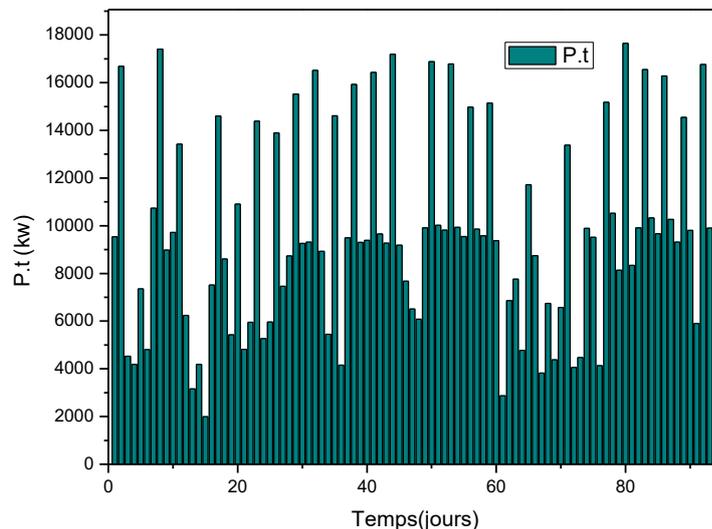


Figure (III-1) : Le diagramme représente la variation de la puissance totale en fonction du temps.

En remarque que la puissance totale prend des valeurs maximale chaque jour entre 12h et 14h ce qui correspond à la valeur élevée de l'éclairement (entre 12h et 14h) .

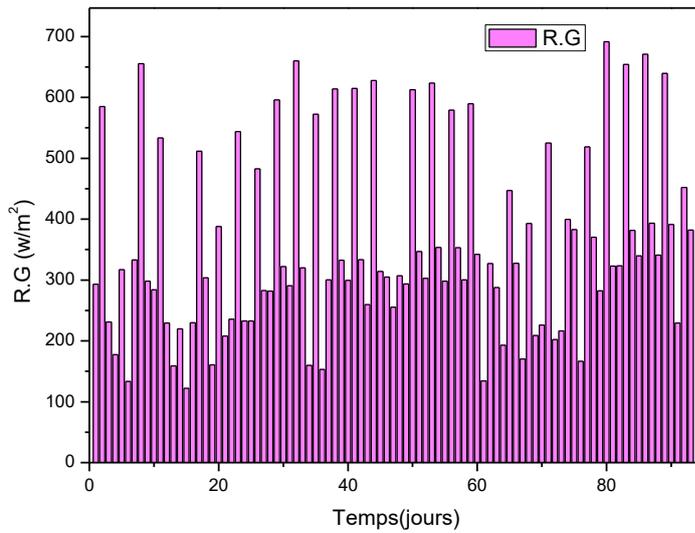


Figure (III -2) : Le diagramme représente la variation de rayonnement global en fonction du temps.

D'après le diagramme en remarque que l'éclairement est élevé après-midi. Il atteint la valeur max entre 12h et 14h pour cela, l'orientation se fera par rapport à l'après midi.

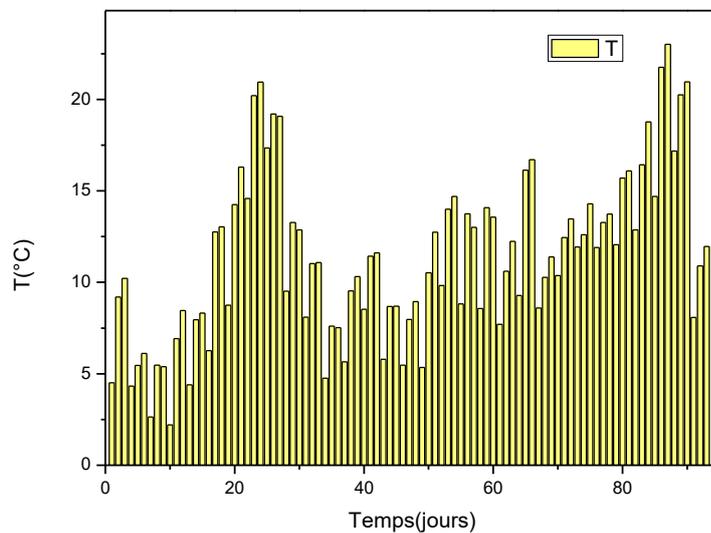


Figure (III -3) : Le diagramme représente la variation de la température en fonction du temps.

La figure nous montre que la température augmente à partir du début de l'après midi. Ceci s'explique par l'altitude de lieux : 900m. Donc avant que le soleil ne s'élève l'air est très froid (pas de rayonnement solaire), au fur a mesure que le soleil monte dans le ciel l'air ambiant se réchauffe. Et la température du site augmente.

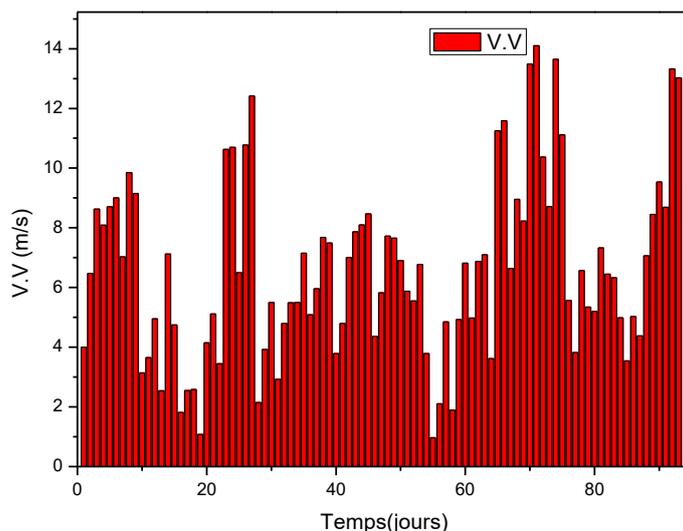


Figure (III -4) : e diagramme représente la variation de la vitesse de vent en fonction du temps.

D'après la figure en note que presque chaque jour la vitesse de vent est élevée a partir 12h00. On est donc géographiquement dominé par les vent l'après midi.

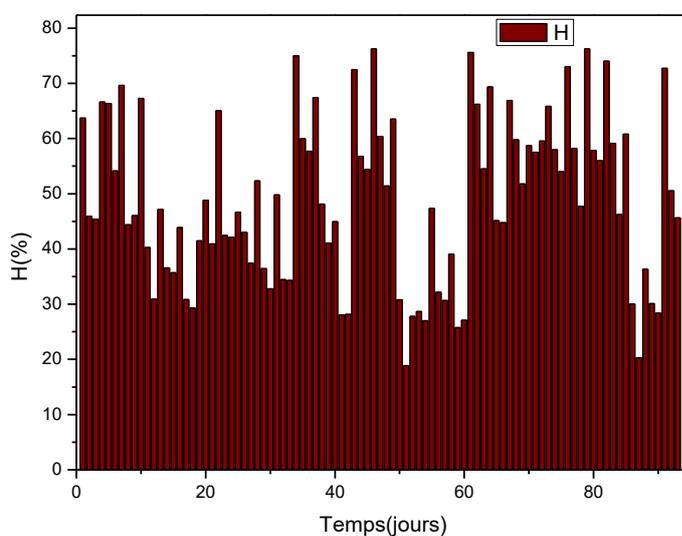


Figure (III -5) : Le diagramme représente la variation de l'humidité en fonction du temps.

En remarque que l'humidité est élevée avant midi chaque jour elle prend la valeur maximale la matinée entre 8h et 12h. Au début de la journée, l'air est très humide, au fur et à mesure que le soleil s'élève dans le ciel l'évaporation de cette humidité commence a avoir lieu ce

qui entraîne une diminution palpable de cette humidité et l'air devient plus en plus sec jusqu'à la fin de la journée.

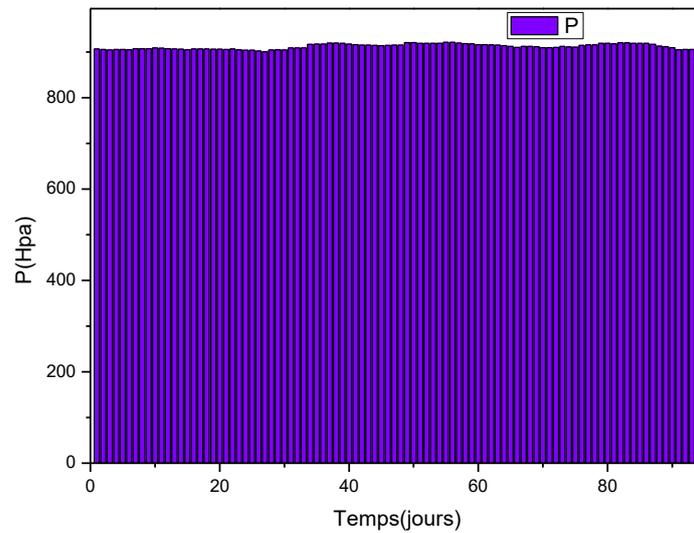


Figure (III -6) : Le diagramme représente la variation de pression en fonction du temps.

En remarque que la pression elle prend des valeurs stables donc l'effet sur le fonctionnement de la centrale et négligeable.

III.2.1 Etude Le premier cas mois février 2021

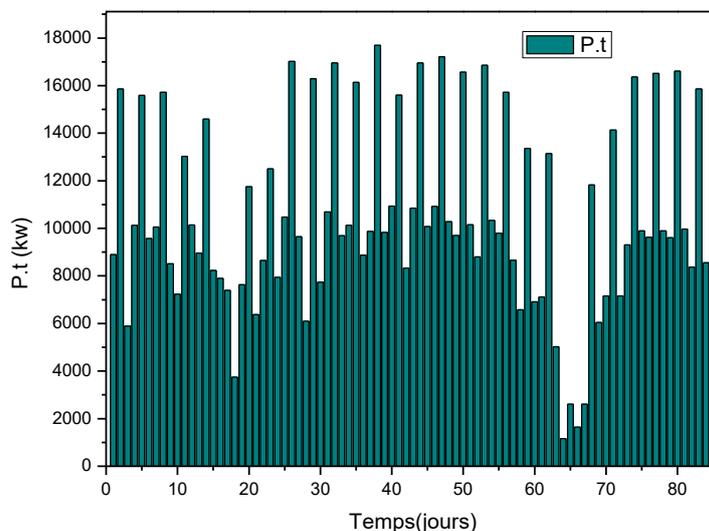


Figure (III -7) : Le diagramme représente la variation de la puissance totale en fonction du temps. En remarque que la puissance totale prend des valeurs maximale chaque jour entre 12h et 14h ce qui correspond a la valeur élevée de l'éclaircement (entre 12h et 14h) .

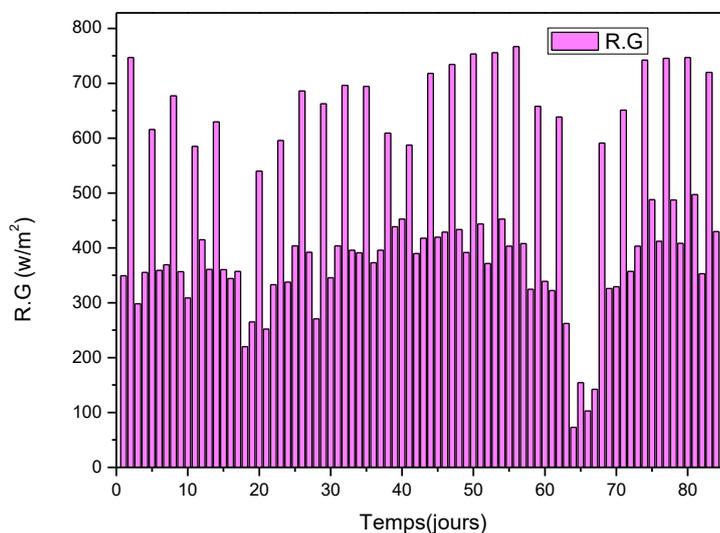


Figure (III -8) : Le diagramme représente la variation de rayonnement global en fonction du temps.

D'après le diagramme en remarque que l'éclaircement est élevé après midi. Il atteint la valeur max entre 12h et 14h pour cela, l'orientation ce fera par rapport à l'après midi .

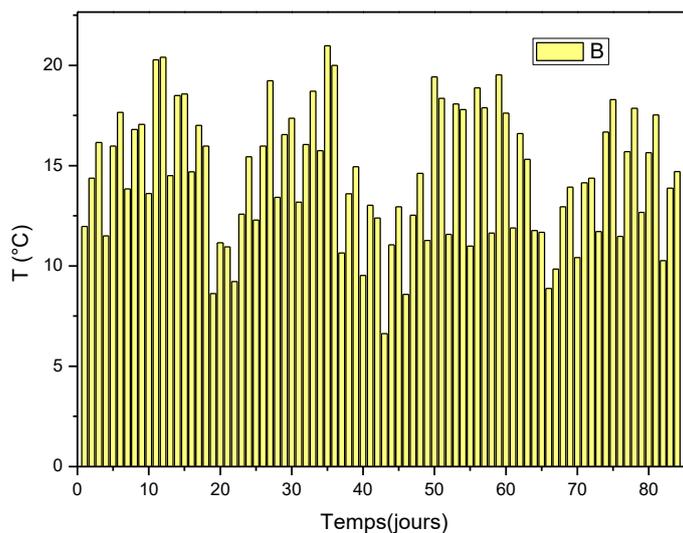


Figure (III -9) : Le diagramme représente la variation de la température en fonction de temps.

La figure nous montre que la température augmente à partir du début de l'après-midi. Ceci s'explique par l'altitude de lieux : 900m. Donc avant que le soleil ne s'élève l'air est très froid (pas de rayonnement solaire), au fur à mesure que le soleil monte dans le ciel l'air ambiant se réchauffe. Et la température du site augmente.

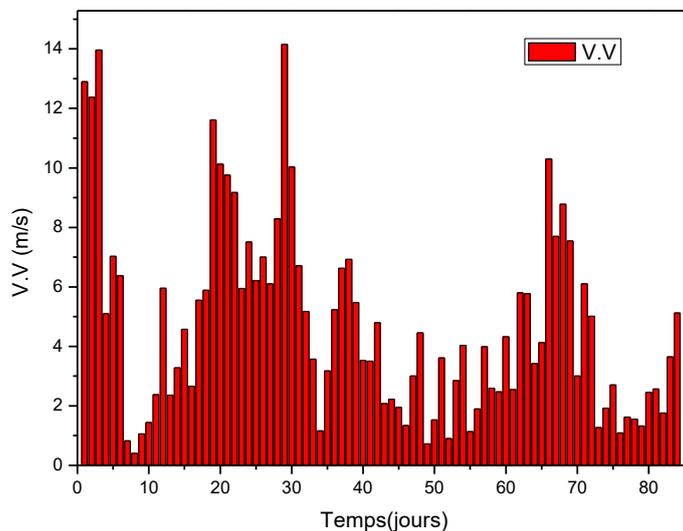


Figure (III -10) : Le diagramme représente la variation de la vitesse vent en fonction de temps.

D'après la figure en note que presque chaque jour la vitesse de vent est élevée a partir 12h00. On est donc géographiquement dominé par le vent l'après-midi.

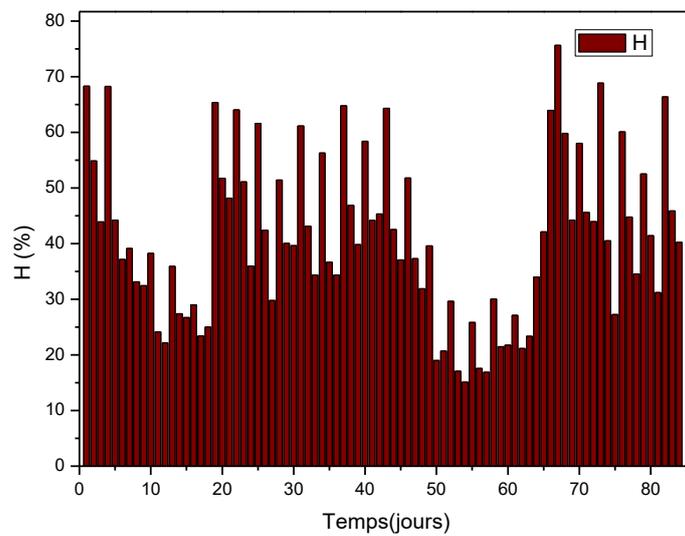


Figure (III -11) : Le diagramme représente la variation d'humidité en fonction de temps.

En remarque que l'humidité est élevée avant midi chaque jour elle prend la valeur maximale la matinée entre 8h et 12h. Au début de la journée, l'air est très humide, au fur et à mesure que le soleil s'élève dans le ciel l'évaporation de cette humidité commence a avoir lieux ce qui entraine une diminution palpable de cette humidité et l'air devient plus en plus sec jusqu'à la fin de la journée.

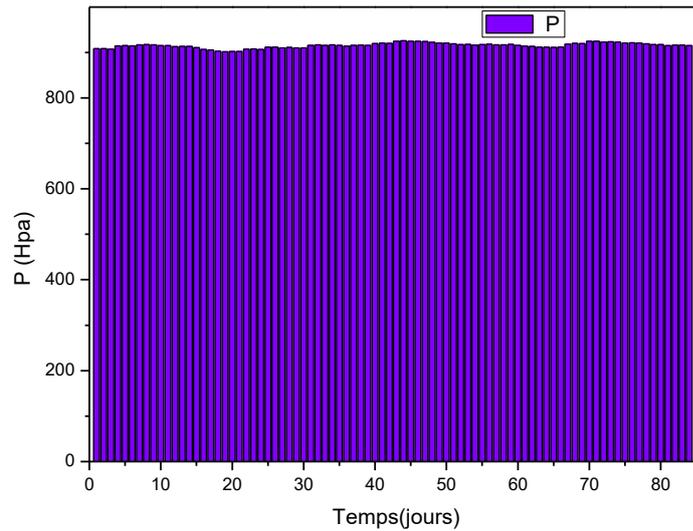


Figure (III -12) : Le diagramme représente la variation de la pression en fonction de temps.

En remarque que la pression prend des valeurs stables donc l'effet sur le fonctionnement de la centrale est négligeable.

III. Codage des journées d'étude

Journée d'étude	Code (jour/mois/période de mesure)
1/Janvier/avant midi	111
1/Janvier /entre 12h et 14h	112
1/Janvier /après 14h	113
3/Janvier/ après 14h	313

Tableau (III -1) : Code de correspondance des journées d'études.

Jours	Jours	Jours	Jours	Jours	Jours
1	111	44	1512	88	3011
2	112	45	1513	89	3012
3	113	46	1611	90	3013
4	211	47	1612	91	3111
5	212	48	1613	92	3112
6	213	49	1711	93	3113
7	311	50	1712		
8	312	51	1713		
9	313	52	1811		
10	411	53	1812		
11	412	54	1813		
12	413	56	1911		
13	511	57	1912		
14	512	58	1913		
15	513	59	2011		
16	611	60	2012		
17	612	61	2013		
18	613	62	2111		
19	711	63	2112		
20	712	64	2113		
21	713	65	2211		
22	811	66	2212		
23	812	67	2213		
24	813	68	2311		
25	911	69	2312		
26	912	70	2313		
27	913	71	2411		
28	1011	72	2412		
29	1012	73	2413		
30	1013	74	2511		
31	1111	75	2512		
32	1112	76	2513		
33	1113	77	2611		
34	1211	78	2612		
35	1212	79	2613		
36	1213	80	2711		
37	1311	41	2712		
38	1312	82	2713		
39	1313	83	2811		
40	1411	84	2812		
41	1412	85	2813		
42	1413	86	2911		
43	1511	87	2912		

III.3 Etudes des performances de l'onduleur de la centrale de Aine El M'elh

III.3.1 Etude des cas 07/01/2019 et 07/01/2021

La figure 3-(a) représente la variation du courant photovoltaïque à la sortie du champ PV en fonction de temps pour les deux journées 07/01/2019 et 07/01/2021.

L'irradiation globale reçue est illustrée dans les deux figures 3-(b) et 3-(c).

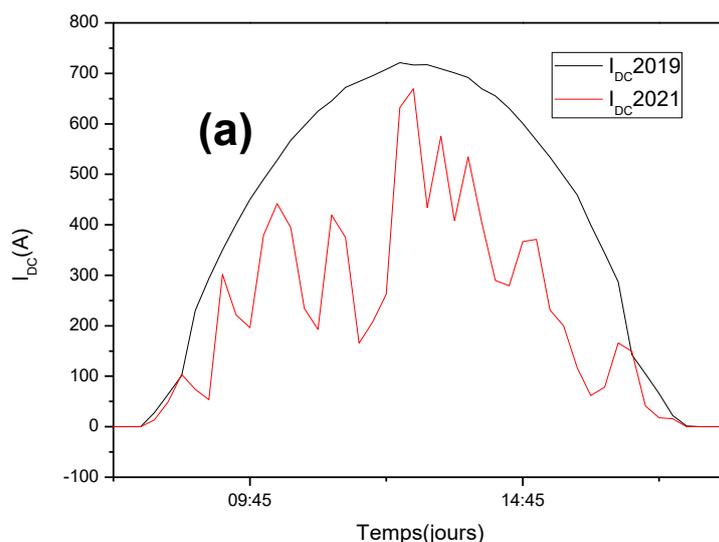


Figure (III -13) : I_{dc} en fonction du temps.

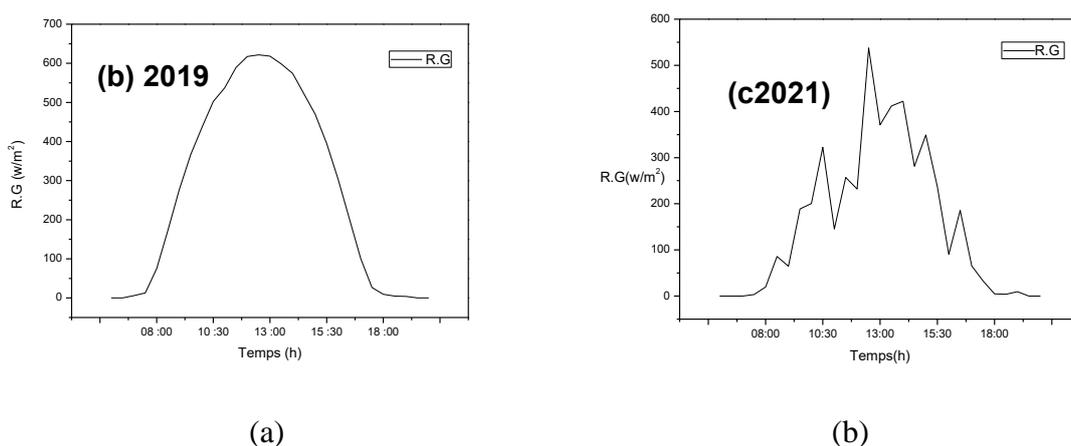


Figure (III -14) : Rayonnement global en fonction du temps.

D'après la figure (3-14) en remarque qu'il y a une augmentation du courant I_{DC} pour les deux journées au lever de soleil jusqu'à midi, après on observe une diminution du courant jusqu'à le coucher de soleil.

D'autre part, on remarque qu'il y a une perturbation dans les valeurs pour la journée 07/01/2021

Interprétation

L'augmentation de l'irradiation conduit à une augmentation du nombre des photons, donc une augmentation de la génération des paires électrons/trous au niveau de la jonction P/N et par conséquence une augmentation du courant photovoltaïque.

La perturbation dans le graphe de la journée 07/01/2021 est due à la météo de cette journée (comparaison entre figure (3-a) et (3-b)).

Conclusion

Malgré le même nombre de jour (07), les performances sont en décalage à cause des conditions climatiques.

La figure (3-15) représente la variation de la tension continue en fonction du temps (c-à-d la tension aux bornes du champ PV) pour les deux journées 07/01/2019 et 07/01/2021.

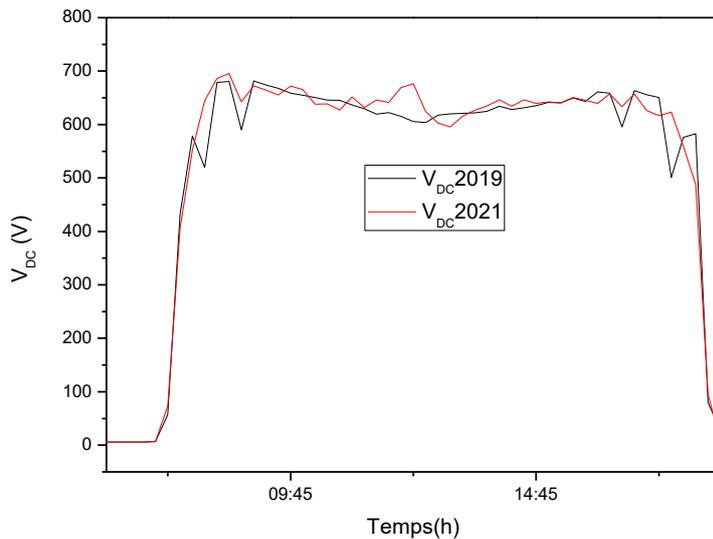
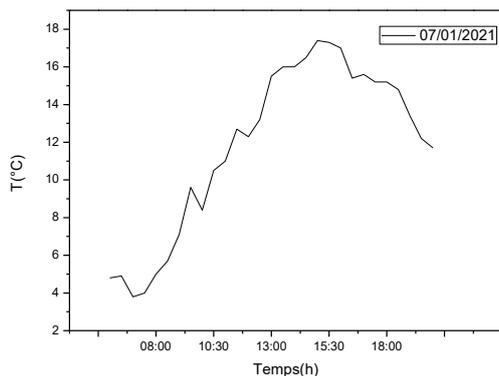
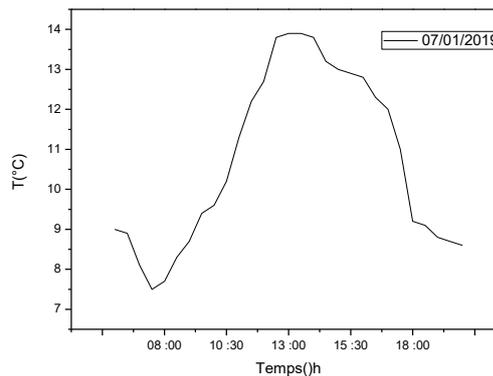


Figure (III -15) : V_{DC} en fonction du temps.



(a)



(b)

Figure (III-16) : La température en fonction du temps.

Les courbes montrent que la tension fournie par les champs PV est presque constante pendant la journée car la température varie légèrement, figure (3-16).

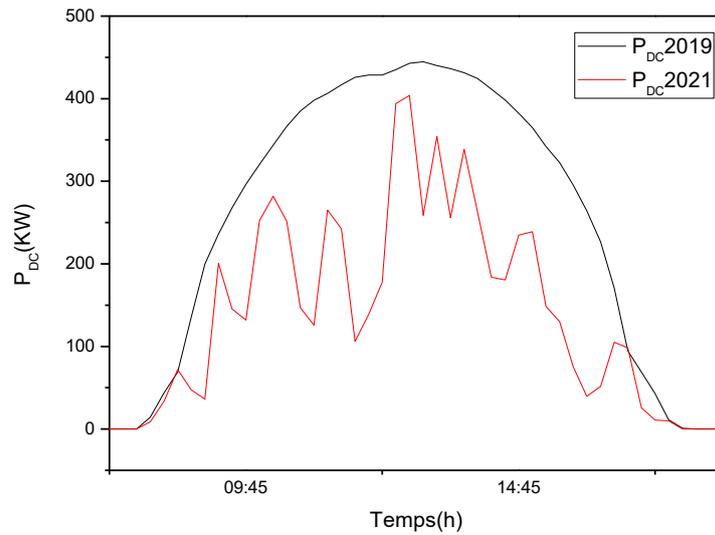


Figure (III -17) : La puissance (P_{DC}) en fonction du temps.

Ce graphe représente la variation de P_{DC} 07/01/2019 et P_{DC} 07/01/2021 en fonction de temps.

Il est clair que la puissance à l'entrée de l'onduleur est variable et prend la forme de l'irradiation globale du site.

III.3.2 Etude des cas 24/03/2019 et 24/03/2021

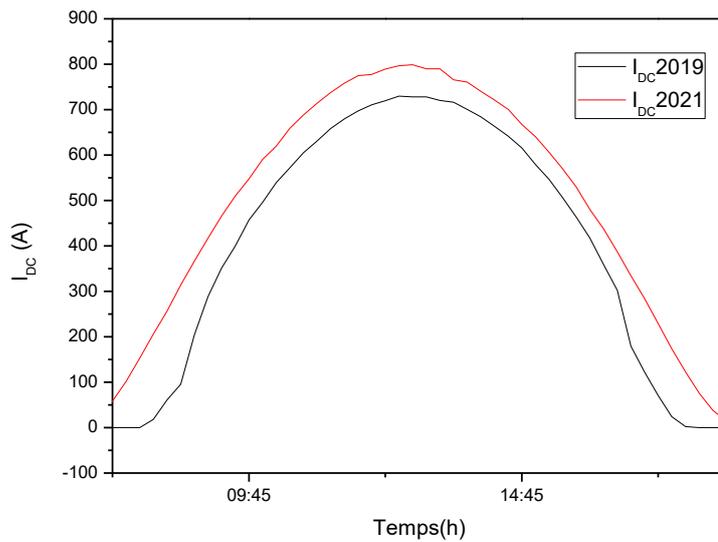
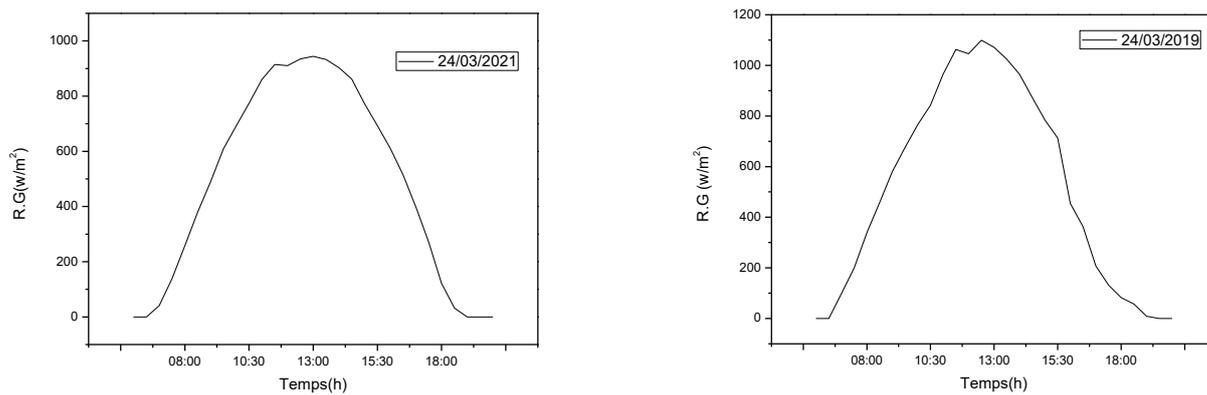
Figure (III -18) : La puissance (P_{DC}) en fonction du temps.

Figure (III -19) : Le rayonnement globale en fonction du temps.

Ce graphe représente la variation de I_{DC} 2019 et I_{DC} 2021 en fonction de temps.

Description : De 8h à 12 :30, à la lumière, on observe une augmentation du courant I_{DC} 2019 et I_{DC} 2021 en même temps. Alors qu'après 12 :45, on observe une baisse des deux courants.

Dans cette partie, on va étudier les paramètres d'entrées de l'onduleur pendant les deux journées 24/03/2019 et 24/03/2021.

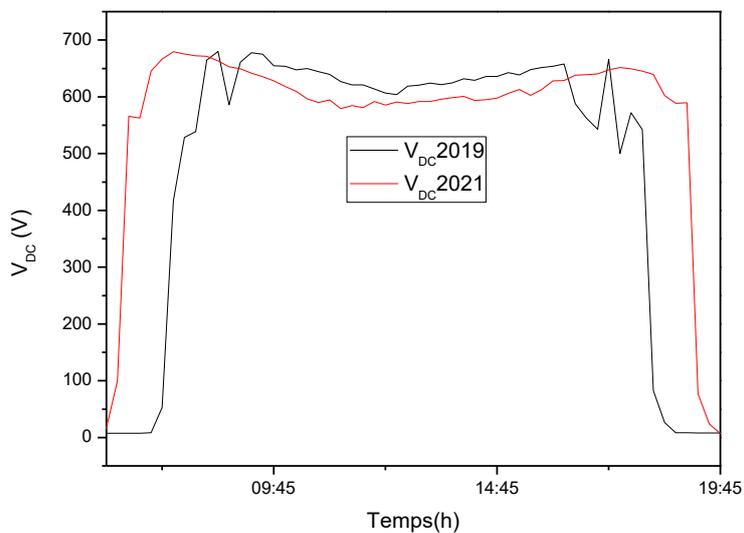
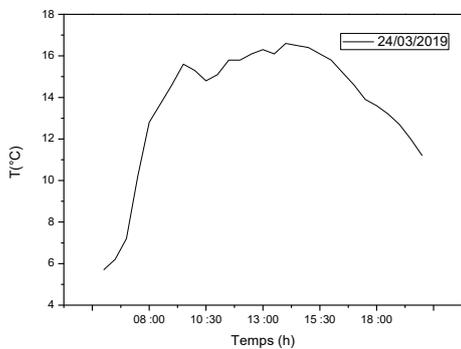
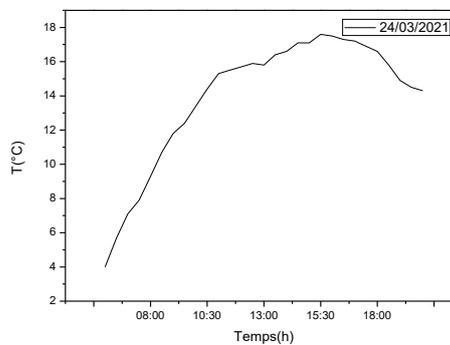


Figure (III -20) : V_{DC} en fonction du temps pour les deux journées.



(a)



(b)

Figure (III -21) : La température en fonction du temps pour les deux journées.

Les figures (3-21) et (3-22) montrant les mêmes résultats que le premier cas.

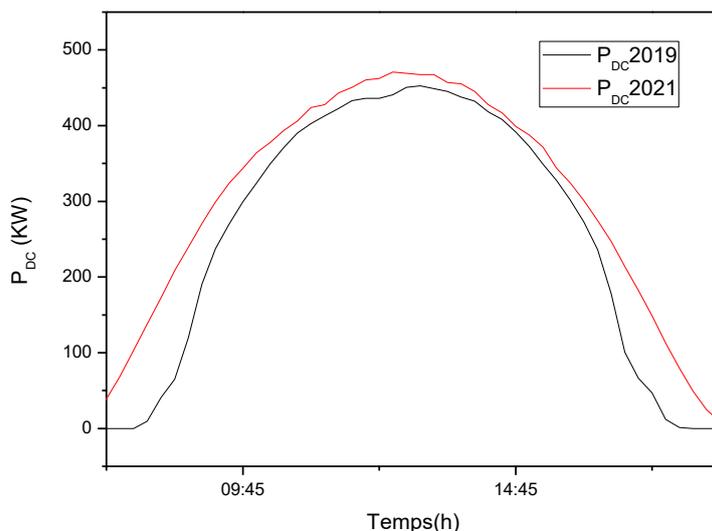


Figure (III -22) : La puissance (P_{DC}) en fonction du temps pour les deux journées.

Ce graphe représente la variation de P_{DC} 23/03/2019 et P_{DC} 23/03/2021 en fonction de temps.

Il est clair que la puissance à l'entrée de l'onduleur est variable et prend la forme de l'irradiation globale du site.

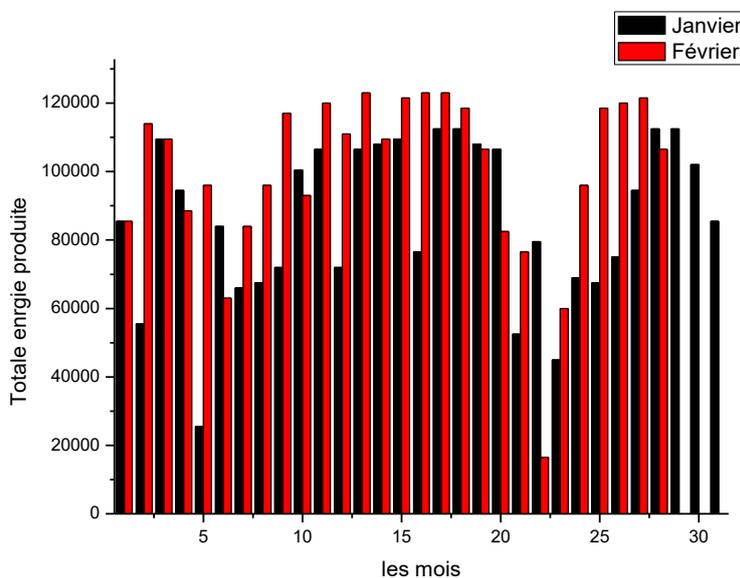


Figure (III -23) : Totale énergie produite(kWh) pour les mois de janvier et février.

Conclusion

On a tracé des courbes et des histogrammes des données de la centrales PV (notre cas d'étude), et aussi on a commenté ; discuté et analysée les courbes et les histogrammes pour obtenir des résultats.

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion générale

L'utilisation d'énergie solaire photovoltaïque comme source alternative d'énergie, souffre du coût élevé des cellules solaires, du faible rendement et de la puissance Intermittente selon la fluctuation des conditions atmosphériques. Pour cela la maîtrise de la technologie seule, ne se fait plus à la diminution des couts des installation, mais encoure les techniques de dimensionnement utilisé, alors un très bon dimensionnement assure une centrale performant et aussi on a trouvé que l'onduleur fonctionne d'une manière stable.

Dans ce travaille nous avons étudié les performances d'une centrale photovoltaïque cas « centrale de Ain al-M'elh », Ce travaille demande toute une connaissance de comportement en fonction des condition environnementales (éclairage, température, humidité...).

Pour cela, il faudrait prendre en considération ces paramètres pour déterminer les performances pour le but de connaître l'état de cette centrale et pour vérifiai la fiabilité de dimensionnement et l'améliorer de rendement de ce générateur.

Ce projet nous a permis de mieux comprendre :

- Les composantes des Centrales photovoltaïques.
- Les performances des centrales photovoltaïques.
- L'effet des conditions climatiques sur les centrales PV.
- La maintenance des centrales PV.

D'autre part on a étudié la variation des performances du centrale de Ain El M'elh en fonction du temps.

Bibliographie

Webographie

Bibliographie et Webographie

- [1] https://www.lendopolis.com/?utm_source=homeblog&utm_medium=blog
- [2] www.Girerd EnR.com
- [3] Thèse. Etude du comportement thermique de module photovoltaïque en vue de la prédiction de leur production électrique sur site. Emmanuel AMY DE LA BRETEQUE.2006-2007.
- [4] Mémoire de magister. Contribution à l'étude de conception d'une centrale photovoltaïque de puissance (1MW) interconnectée au réseau de distribution électrique tension moyenne. AMARA Karima.2014-2015.
- [5] Thèse. Conception & Commande des Machines à Aimants Permanents Dédiées aux Énergies Renouvelables. BELAKEHAL soltane.2010-2011.
- [6] Mémoire in d'étude. Contribution de l'énergie photovoltaïque dans la performance énergétique de l'habitat à haute qualité énergétique en Algérie. MISSOUME Mouhamed. 2010-2011.
- [7] Thèse. Modélisation et analyse expérimentale d'une centrale solaire photovoltaïque en milieu désertique maritime. Daha Hassan Daher.2017-2018.
- [8] Thèse. Détection et isolement de défauts combinant des méthodes à base de données appliquées aux systèmes électro-énergétiques. KHENFER Riad.2015-2016.
- [9] www.SKTM.com.
- [10] Les données de la centrale photovoltaïque reliée au réseau de Ain el m'elh.

ANNEXE

Annexe 01

A Les panneaux PV chauffés



(a)

(b)

(c)

Figure (I) : Les panneaux PV chauffés.

B L'ombrage causé par les déchets d'animaux



(a)

(b)

Figure (II) : L'ombrage causé par les déchets d'animaux.

C L'ombrage causé par les plants



(a)



(b)

(c)

Figure (III) : L'ombrage causé par les plants.