

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

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Mémoire de Master

Présenté par :

Mr. Boukhelifa Hamza

En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

En

Génie Electrique

Option : Machines Electriques

Thème :

**Dimensionnement technique d'une
installation photovoltaïque
De 300kw**

Président :	Bouzida	MAA	UMBB
Rapporteur :	S.Grouni	Prof	UMBB
Examineurs :	Ahriche	MCA	UMBB
Examinatrice :	Abdeslam	MAA	UMBB

Promotion
Promotion juin 2017
juin 2017

Remerciements

*Nous allouons **ALLAH** pour tous les bienfaits dont il nous a fait part.*

Ces quelques lignes pour citer les personnes qui m'ont aidée à mener à terme ce travail et qu'on souhaite sincèrement remercier

*Je tiens tous d'abord à remercier chaleureusement **Pr GROUNI Saïd** en tant que mon promoteur pour ses remarques pertinentes, pour sa patience .il a su me laisser progressivement de plus en plus de liberté pour que je puisse avoir la possibilité de développer et mettre en œuvre mes propres idées.*

*Mes sincères remerciements et ma plus grande reconnaissance à mon encadreur Madame **GUERROUMI** ingénieur instrumentation*

Vous m'avez fait le grand honneur de me confier cette thèse votre gentillesse votre modeste et vos qualités humaines n'ont rien d'égales que votre compétence qui mérite toute admiration

Recevez ici, l'expression de ma reconnaissance et mon profond respect

Mes remerciements vont aussi à ceux qui m'ont fait l'honneur de juger mon travail, le président de jury et les examinateurs

Je remercie également tous les enseignants du département de génie électrique pour leurs contributions à ma formation

Merci à tous qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail

*Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour vous exprimer ma
Profonde gratitude*

*Ma défunte maman, je te dédie ce modeste travail les fruits de tes longues années de sacrifices, tu t'étais toujours investie et soucieuse de ma réussite dans les études ainsi que mon bonheur, je t'exprime plus que jamais mes profondes reconnaissances, que **Dieu** t'accueille dans son vaste paradis.*

Mon père : toi qui a fait de moi ce que je suis maintenant tu t'es privé de tellement de choses afin de me satisfaire, aucune dédicace ne saurait exprimer le respect que j'ai pour toi.

Je dédie ce modeste travail à mes sœurs et frères, mes anges, neveux et nièces et à toute ma famille et à mes meilleurs amis

Hamza

SOMMAIRE

Sommaire.....	I
Liste des Figures.....	II
Liste des Tableaux.....	III
Liste des notations et symboles.....	IV
Introduction générale.....	1

Chapitre I :

Généralités sur l'énergie photovoltaïque

I.1.Introduction	3
I.2. Historique de l'énergie photovoltaïque.....	3
I.3. État de l'art des systèmes PV	3
I.4. Différentes configurations des systèmes PV.....	5
I.4.1. Système autonome sans batterie.....	5
I.4.2. Système autonome avec batterie.....	5
I.4.3. Système fonctionnant au fil du soleil.....	6
I. 4.4. Système avec appoint électrique.....	6
I.5. Rayonnement solaire.....	6
I.6.Déclinaison du soleil.....	7
I.7.Modèle simplifié de l'éclairement.....	7
I. 8.Principe de la conversion photovoltaïque.....	8
I. 9.Technologies des cellules photovoltaïques.....	9
I.10.Avantages et inconvénients de l'énergie	11
I. 11. Conclusion.....	11

Chapitre II :

Conception et dimensionnement de l'installation PV

II.1. Introduction.....	12
II.2. Objectif général.....	12

SOMMAIRE

II.3. Matériels et méthodes.....	12
II.3.1. Etude technique.....	12
II.3.2. Collecte des données.....	13
II.4. Constitutions du système.....	13
II.4.1. Modules photovoltaïques.....	14
II.4.2. Régulateur de charge et décharge.....	14
II.4.3. Batteries d'accumulation.....	14
II.4.4. Onduleur.....	15
II.4.5. Contrôleur DC/DC.....	15
II.4.6. Récepteurs.....	15
II.5. Différentes configurations des systèmes PV	15
II.6. Choix des composants du système.....	18
II.7. Caractéristiques des composants utilisés pour le dimensionnement des systèmes PV..	18
II.8. Etude technique et bilan des puissances et énergétique de la DTD à partir du poste MT/BT.....	19
II.9. Présentation des caractéristiques des charges dimensionnées	20
II.10. Calcul de nombre de composants constituant le système PV	21
II.11. Système de couplage automatique	24
II.11.1. Grafset niveau I et II.....	24
II.11.2. Programme d'exécution par l'automate programmable industriel	25
II.12. Conclusion	26
 Chapitre III :	
Simulation numérique d'une installation pratique solaire	
III.1. Introduction.....	27
III.2. Simulation des cellules PV sous MATLAB SIMULINK	27
III.2.1. Branchement d'une (01) cellule.....	27

SOMMAIRE

III.2.2. Branchement six (06) cellules en série	28
III.2.3. Branchement des cellules série –parallèle.....	30
III.3- Présentation de logiciel de simulation PVSYST	31
III.4- Gestion d'un projet donne (système raccordé au réseau).....	32
III.5. Conception et dimensionnement du système	32
III.6- Dimensionnement de système	33
III.7. Simulation et rapport.....	34
III.8. Site d'implantation	35
III.8.1. Données géographique	35
III.8.2. Données météorologiques.....	35
III.8.3 -Schéma de la centrale PV	37
III.8.4- Paramètres de simulation	38
➤ Caractéristique du module PV	38
➤ Caractéristique de l'onduleur	38
➤ Répartition d'un champ	39
III.8.5. Résultat de simulation	41
III.9.Conclusion	48

Chapitre VI :

Etude de rentabilité économique

IV.1- Introduction	49
IV.2- Tableaux Des Etudes Technico-économique des systèmes PV	49
IV.3. Discussion et analyse des résultats du l'installation dimensionnée	53
IV.4- Installation et maintenance.....	53
IV.4.1.Installation mécanique et électrique	53
IV.4.2.Maintenance	54
IV.5- Recommandation Perspectives.....	54

SOMMAIRE

IV .6-Conclusion54

Conclusion Générale55

Bibliographique

Annexe

Liste des Figures

<i>Figure I.1 : Schéma synoptique d'une installation photovoltaïque</i>	5
<i>Figure I.2: Réponse spectrale d'une cellule solaire (PV)</i>	6.
<i>Figure I.3: Évaluation de rayonnement solaire en fonction de temps</i>	8
<i>Figure I-4 : principe de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par cellule photovoltaïque</i>	9
<i>Figure II.1 : représentation synoptique de la structure d'un système photovoltaïque avec stockage</i>	13
<i>Figure II.2: représentation synoptique de la structure d'un système PV sans stockage</i>	13
<i>Figure II.3 : Schéma synoptique du couplage automatique des charges sur le réseau conventionnel ou les groupes électrogènes (cas de système PV)</i>	24
<i>Figure II.4 : grafctet niveau I</i>	24
<i>Figure II.5 : grafctet niveau II</i>	25
<i>Figure II.6 : Adressage des entrées et sorties de l'automate pour le SPV1</i>	25
<i>Figure III.1 : Schéma branchement une cellule PV</i>	27
<i>Figure III.2 : graphe (tension, courant) une cellule</i>	28
<i>Figure III.3: schema bloc de branchement six (06) cellules en serie</i>	29
<i>Figure III.4 : graphe « tension, courant » –branchement (06) cellules en série</i>	30
<i>Figure III.5: shema bloc de branchement six cellule serie-parallele</i>	30
<i>Figure III.6 : graphe tension, courant –branchement série-parallèle</i>	31
<i>Figure III.7 : Désignation du projet dans PVSYST</i>	32
<i>Figure III.8 : Configuration du système dans PVSYST</i>	33
<i>Figure III.9 : Conditions de dimensionnement champ/ onduleur dans PVSYST</i>	34
<i>Figure III.10 : Données météorologiques</i>	35
<i>Figure III.11 : Trajectoire du soleil à Boumerdès</i>	36
<i>Figure III.12 : Positionnement des systèmes de panneaux PV</i>	37
<i>Figure III.13 : Schéma simplifié d'une installation PV raccordée au réseau</i>	38

Liste des Figures

<i>Figure III.14: Caractéristique du module PV.....</i>	<i>39</i>
<i>Figure III.15 : Energie utile produite par l'installation PV (à la centrale de l'onduleur)....</i>	<i>43</i>
<i>Figure III.16: Indice de performance de l'installation PV</i>	<i>44</i>
<i>Figure III.17 : Distribution annuelle de l'irradiante incidente</i>	<i>46</i>
<i>Figure III.18 : Distribution annuelle de la puissance en sortie du champ PV</i>	<i>47</i>
<i>Figure. III.19: Diagramme journalier d'Entrée/Sortie du système PV.....</i>	<i>47</i>

Liste des Tableaux

<i>Tableau I.1. Rendement énergétique des différents types de cellules photovoltaïques</i>	<i>10</i>
<i>Tableau II.1 : caractéristique technique des composants du système PV.....</i>	<i>18</i>
<i>Tableau II.2: Bilan de puissance Armoire</i>	<i>19</i>
<i>Tableau II.3 : Bilan d'énergie Armoire TGBT.....</i>	<i>20</i>
<i>Tableau II.4 : Tableau PV alimentant le bâtiment laboratoire.....</i>	<i>21</i>
<i>Tableau II.5 : Tableau PV alimentant le bâtiment recherche</i>	<i>21</i>
<i>Tableau II.6 : Tableau PV alimentant l'administration</i>	<i>22</i>
<i>Tableau II.7 : Tableau PV alimentant le restaurant et la cuisine</i>	<i>22</i>
<i>Tableau II.8 : Tableau PV alimentant monte-charge.....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau II.9 : Tableau PV alimentant station de pompage.....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau III.1 : Tableau des données géographique du site de Boumerdès.....</i>	<i>35</i>
<i>Tableau III.2 : Paramètres de simulation d'une centrale PV.....</i>	<i>40</i>
<i>Tableau III.3 : Tableau de Bilan et résultat principaux</i>	<i>41</i>
<i>Tableau III.4 : Principaux résultats de simulation.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau (III.5) : Diagramme des pertes sur une année</i>	<i>45</i>
<i>Tableau IV.1: Etude technico économique du système PV alimentant le bâtiment laboratoire</i>	<i>49</i>
<i>Tableau IV.2 : Etude technico économique du système PV alimentant le bâtiment recherche.....</i>	<i>50</i>
<i>Tableau IV.3 : Etude technico économique du système PV alimentant le restaurant et la cuisine</i>	<i>50</i>
<i>Tableau IV.4 : Etude technico économique du système PV alimentant l'administration... </i>	<i>51</i>
<i>Tableau IV.5 : Etude technico économique du système PV alimentant le monte-charge... </i>	<i>51</i>
<i>Tableau IV.6 : Etude technico économique du système PV station de pompage</i>	<i>52</i>
<i>Tableau IV.7 : Consommation électrique de la DTD</i>	<i>52</i>
<i>Tableau IV.8 : Avantages et inconvénients du système PV</i>	<i>55</i>

INTRODUCTION GENERALE

La production d'énergie est un défi de grande importance pour les années à venir, en effet l'énergie est un facteur essentiel au développement économique, dans tous les pays du monde. Son importance relative s'accroît avec les progrès techniques, l'industrialisation et le besoin de confort moderne. L'augmentation de sa production est synonyme d'amélioration de la qualité de vie et de création de richesse [5],[10].

De nos jours, une grande partie de la production mondiale d'énergie est assurée à partir des énergies fossiles, la consommation des ces sources donne lieu à des émissions de gaz à effet de serre et donc une augmentation de la pollution. Le danger supplémentaire est qu'une consommation excessive du stock de ressources naturelles réduit les réserves de ce type d'énergie de façon dangereuse pour les générations futures, et aussi face aux multiples crises économiques et pétrolières la science s'est intéressée aux ressources dites renouvelables qui constituent un secteur stratégique et occupent une place privilégiée dans les domaines de recherche et développement [4],[5].

Notons que l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus importants du monde. La moyenne annuelle d'insolation dépasse les 3000 heures. C'est aussi le plus important de tout le bassin méditerranéen avec 169440TWh/an. L'énergie solaire moyenne reçue est de 1700 kWh/m²/an au niveau des régions côtières ; 1900 kWh/m²/an dans les Hauts-Plateaux et 2650kWh/m²/an au Sahara. Notre pays peut donc couvrir certains de ses besoins en énergie par les systèmes photovoltaïques [9].

Par ailleurs aujourd'hui nous distinguons plusieurs sources d'énergies renouvelables : l'énergie

Hydroélectrique, l'énergie géothermique, l'énergie de la biomasse, l'énergie éolienne et l'énergie photovoltaïque (qui sera étudiée dans ce mémoire). L'avantage principal de ces énergies renouvelables est que leurs utilisations ne polluent pas l'atmosphère et elles ne produisent pas de gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone et les oxydes d'azote qui sont responsables du réchauffement de la terre. Notre étude est réservée à l'installation d'un système solaire qui alimente un bâtiment d'équipement électrique

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 [13].

Le premier chapitre est consacré aux généralités sur l'énergie solaire. Nous présentons tout d'abord, un état de l'art l'énergie solaire photovoltaïque qui nous présentons les systèmes qui sont actuellement établis dans la pratique.

Dans le deuxième chapitre, nous nous sommes intéressés au dimensionnement et de conception d'installation photovoltaïque au sein de la DTD Boumerdès, à savoir les différents éléments constituant le générateur PV (batterie, régulateur, onduleur...).

INTRODUCTION GENERALE

Dans le troisieme chapitre nous consacrons a l'étude par simulation numérique : nous présentons le logiciel que nous avons utilisé PV SYSYT .Ensuite, nous représentons les résultats obtenus de l'installation PV

Le dernier chapitre, fera l'objet de la rentabilité économique et de l'investissement par rapport au prix de la consommation électrique du réseau de la DIVISION DE TECHNOLOGIE ET DEVELOPPEMENT « DTD » SONATRACH BOUMERDES

Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion générale des perspectives.

INTRODUCTION GENERALE

I.1. Introduction

L'énergie photovoltaïque résulte de la transformation directe de la lumière du soleil en énergie électrique aux moyens des cellules généralement à base de silicium cristallin qui reste la filière la plus avancées sur le plan technologiques et industriel, en effet le silicium est l'un des éléments les plus abondants sur terre sous forme de silice non toxique.

Pour définition le mot " photovoltaïque " vient du grec " photo " qui signifie lumière et de " voltaïque " qui tire son origine du nom d'un physicien italien Alessandro Volta (1754 -1827) qui a beaucoup contribué à la découverte de l'électricité, alors le photovoltaïque signifie littérairement la lumière électricité [1],[2].

I. 2. Historique de l'énergie photovoltaïque

Quelques dates importantes dans l'énergie photovoltaïque

1839 : Le physicien français Edmond Becquerel découvre l'effet photovoltaïque.

1875 : Werner Von Siemens expose devant l'académie des sciences de Berlin un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs [4].

1954: Trois chercheurs américains Chapin, Peason et Prince fabriquent une cellule Photovoltaïque [4], [7].

1958 : Une cellule avec un rendement de 9 % ; les premiers satellites alimentés par des cellules Solaires sont envoyés dans l'espace [7].

1973 : La première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'université de Delaware [10].

1983 : La première voiture alimentée en énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4000 Km en Australie [4].

I .3 .État de l'art des systèmes PV

Les générateurs photovoltaïques sont par leur nature des systèmes non linéaires. Ils font l'objet des grandes variations environnementales qui influent sur leur fonctionnement qui sont spécialement l'éclairement (l'insolation) et la température de la cellule [5].

La première génération des systèmes photovoltaïques utilisée pour le pompage constitué d'un générateur et une charge seulement correspond à un couplage direct, c'est le couplage le plus simple à réaliser et le moins coûteux [7].

Appelbaum Analysé le comportement dynamique d'un moteur à courant continu alimenté par un générateur photovoltaïque : le moteur à commencer à tourner seulement pour un niveau élevé d'insolation.

Roger A montré qu'un moteur à courant continu entraînant une pompe centrifuge représente un choix acceptable et qu'un moteur à aimant permanent est considéré comme le meilleur actionneur électrique pour le pompage photovoltaïque.

Anis A reporté qu'un moteur à courant continu entraînant une pompe volumétrique représente un mauvais choix pour le pompage photovoltaïque, parce que le moteur conduisant la pompe volumétrique demande un courant presque constant [14].

La puissance maximale du générateur photovoltaïque (GPV) pour différents niveaux d'éclairement correspond aux valeurs optimales du courant et la tension ; le moteur à un niveau donné absorbe une puissance qui ne correspond pas à la puissance maximale du GPV, généralement cette puissance peut même être très inférieure à la puissance maximale du GPV, alors une optimisation est nécessaire pour une bonne exploitation de l'énergie photovoltaïque pour différents niveaux d'éclairement [12].

Benlarbi et Al Ont effectué une optimisation du rendement globale du système par l'intégration entre l'onduleur et le panneau solaire d'un hacheur dévolteur survolteur qui garanti

L'alimentation de l'onduleur avec les valeurs optimales du courant et de la tension obtenue en agissant sur le rapport cyclique du hacheur sur une machine DC ; MSAP ; MAS ont montrées que la quantité d'eau pompée avec l'utilisation d'une MSAP est meilleures par rapport aux autres machines [8].

L'application des systèmes photovoltaïques n'est pas limitée au système isolé, mais peut être utilisée localement au niveau domestique. Dans ce cas une optimisation d'utilisation d'énergie est indispensable car il est nécessaire de faire un choix optimal sur la source à utiliser : réseau, batterie ou panneau solaire. De plus, dans le cas d'excès d'énergie produite à travers la conversion photovoltaïque, cette dernière peut être injectée au réseau dans le but d'optimiser de tels systèmes pour assurer un fonctionnement optimal de l'ensemble.

De plus, de nouvelles techniques sont utilisées actuellement, basées sur l'intelligence artificielle tels que les réseaux neurones et la logique floue. Elles ont été appliquées pour optimiser les systèmes de pompage photovoltaïque.

Généralement, le générateur solaire est fixe, mais il peut être orientable pour les régions où le flux lumineux est faible. L'orientation des panneaux est assurée soit manuellement, soit commandée par un circuit électronique ; le principe réside dans la poursuite du mouvement du soleil. Cette idée a donné naissance à une nouvelle procédure d'optimisation [8] ,[14].

I. 4. Différentes configurations des systèmes PV

Généralement une installation photovoltaïque comprend les éléments suivants :

- un générateur photovoltaïque.
- un convertisseur statique continu / continu (DC/DC).
- un convertisseur statique continu / alternatif (DC/AC).
- Un système de régulation et de stockage.
- une source auxiliaire d'appoints.

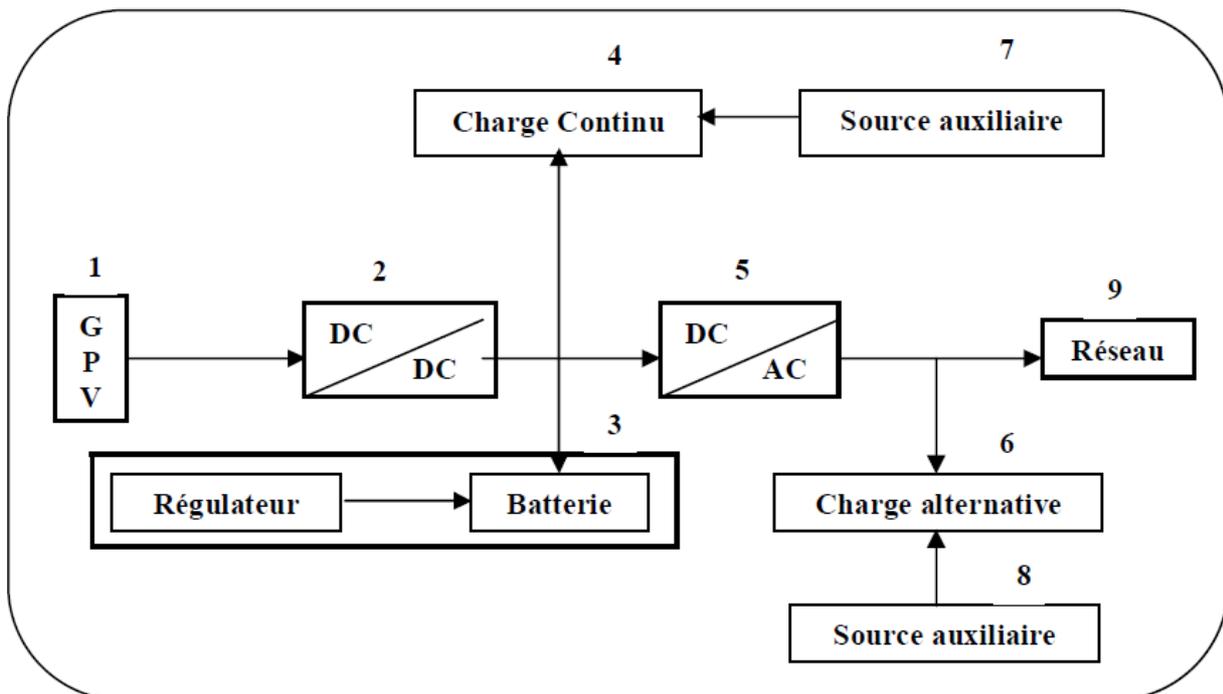


Figure I.1 : Schéma synoptique d'une installation photovoltaïque

I.4.1. Système autonome sans batterie

Les systèmes photovoltaïques autonomes sans batterie sont représentés par les blocs (1) et (4) de la figure précédente. La charge de type continu est alimentée directement par le GPV, car la production d'énergie est suffisante pour le fonctionnement de la charge [9].

I.4.2. Système autonome avec batterie

Ces systèmes sont représentés par les blocs dans le cas où la charge et de type continu et les blocs si la charge et de type alternatif. La batterie sert à stocker de l'énergie produite par le GPV, alors l'énergie peut être utilisée de tout temps, même en l'absence de rayonnement solaire [9].

I. 4.3. Système fonctionnant au fil du soleil

Ces systèmes font intervenir des convertisseurs DC/DC qui permet de faire une adaptation entre le générateur et la charge continu. Si la charge est de type alternatif, le convertisseur DC/AC est introduit [9].

I. 4.4. Système avec appoint électrique

Pour ces systèmes on introduit des générateurs auxiliaires qui n'interviennent qu'en cas d'insuffisances d'énergie électriques (manque de rayonnement solaire ou batteries déchargées), ces générateurs auxiliaires peuvent être de type continu et ; ou de type alternatif.

Les sources auxiliaires peuvent être alimentées soit par le réseau soit par une autre source d'énergie [9].

I.5. Rayonnement solaire

Malgré la distance considérable qui sépare le soleil de la terre 150.10^6 Km, la couche terrestre reçoit une quantité d'énergie importante 180.10^6 GW, c'est pour ça que l'énergie solaire se présente bien comme une alternative aux autres sources d'énergie [1].

Cette quantité d'énergie quittera sa surface sous forme de rayonnement électromagnétique compris dans une longueur variant de 0.22 à $10 \mu\text{m}$, l'énergie associée à ce rayonnement solaire se décompose approximativement comme suit:

- 9 % dans la bande des ultraviolets ($< 0.4 \mu\text{m}$).
- 47 % dans la bande visible (0.4 à $0.8 \mu\text{m}$).
- 44 % dans la bande des infrarouges ($> 0.8 \mu\text{m}$). [1]

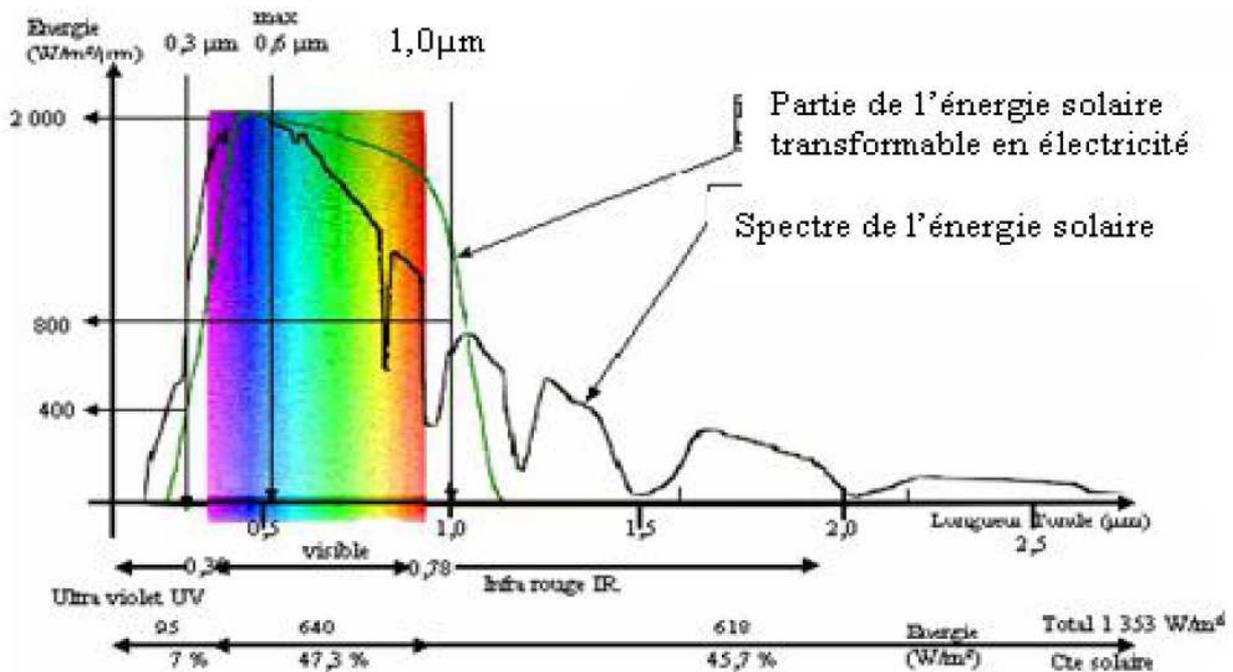


Figure I.2 : Réponse spectrale d'une cellule solaire (PV).

Au cours de ces dix dernières années ce spectre à été homologué par l'organisation internationale de standardisation (ISO 9845-1 :1992) et la société américaine de test et de matériaux (ASTM E 892-87 :1992) ont fixées le flux de standardisation à 1000 W/m^2 .

Cette énergie est définie comme paramètre solaire qui à une valeur variable suivant la saison, L'heure, la localisation géographique du site, les conditions météorologiques (poussière, humidité,...etc.) [1].

I.6.Déclinaison du soleil

C'est l'angle formé par la direction du soleil et le plan équatorial terrestre

I.7. Modèle simplifié de l'éclairement

Selon [6], [7] la quantification de l'éclairement incident pour une journée est donnée par une expression mathématique qui s'écrit comme suit :

$$E = E_m \sin \left[\frac{\pi(t - t_0)}{12} \right] \quad 1.1$$

E : L'éclairement maximal du site (W/m^2).

t : Temps solaire en heure.

t_0 : temps de la levée du soleil (6h).

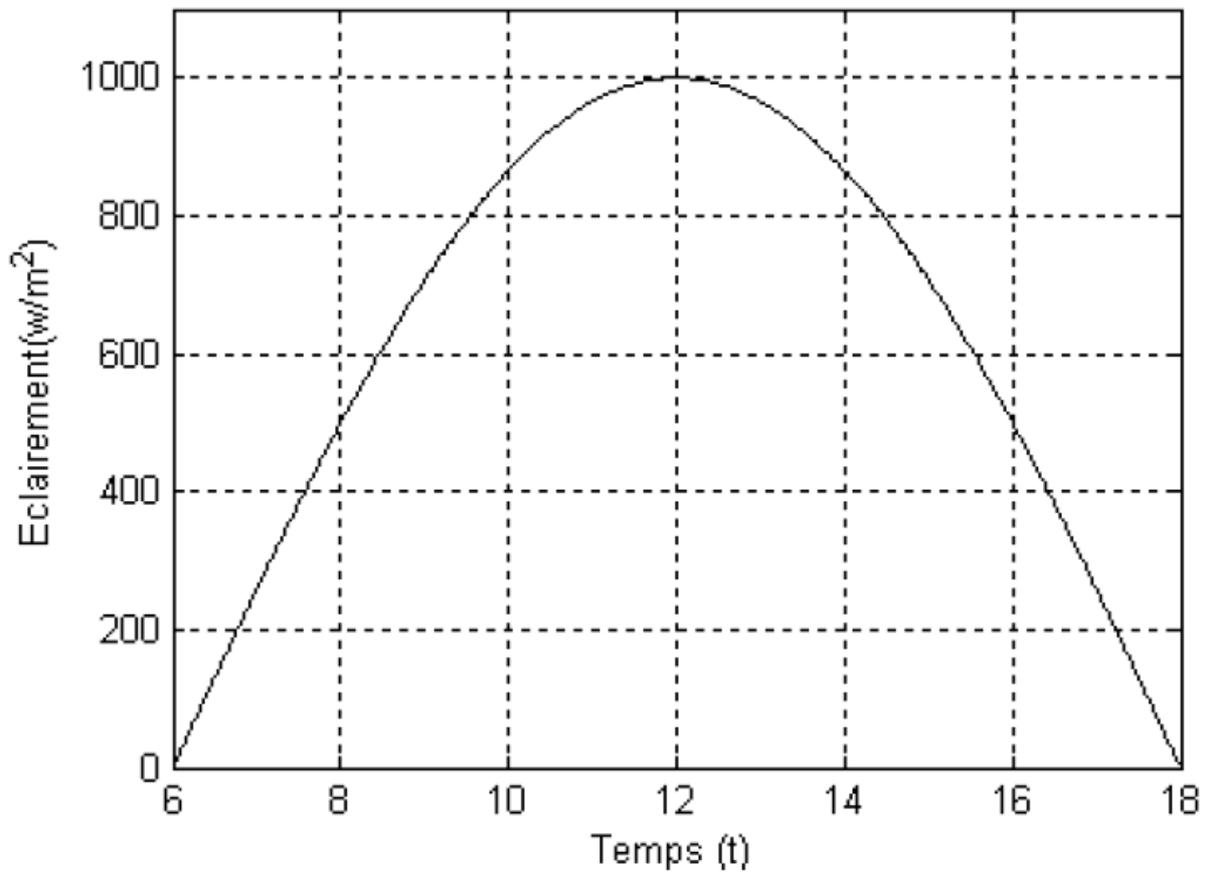


Figure (I-3) : Évaluation de rayonnement solaire en fonction de temps

I. 8 .Principe de la conversion photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est basée sur le phénomène physique appelé effet

Photovoltaïque qui consiste à établir une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière. La tension générée peut varier entre 0.3 et 0.7 V en fonction du matériau utilisé et de sa disposition ainsi que de la température de la cellule [8].

La figure (I.4) illustre une cellule PV typique.

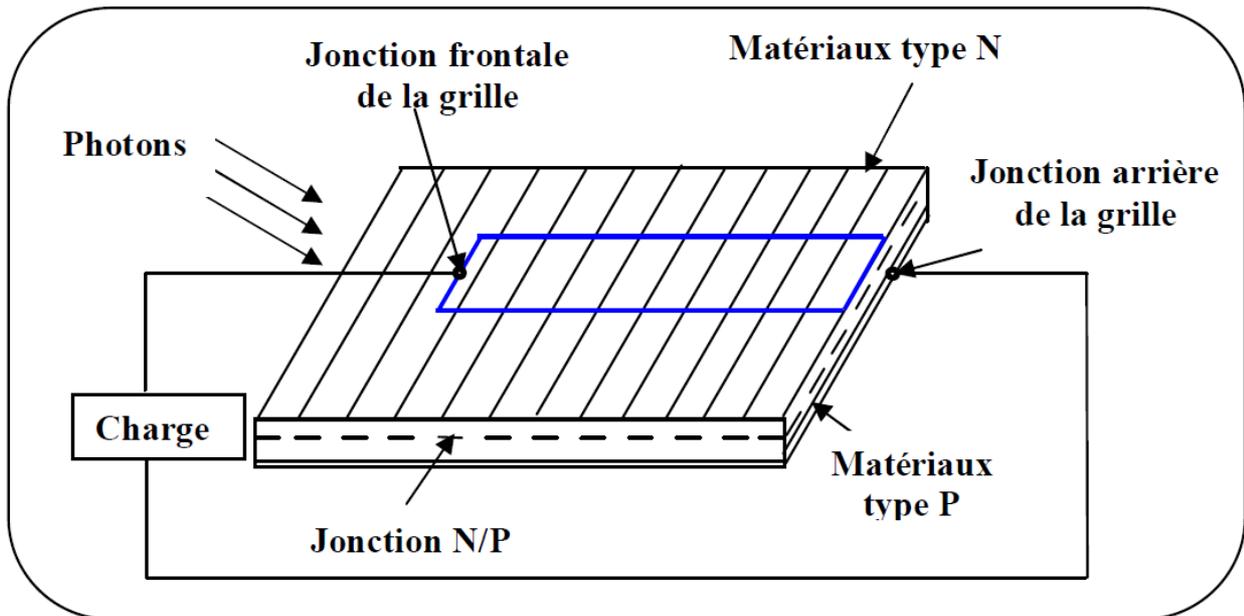


Figure I-4 : principe de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par cellule photovoltaïque

Une cellule PV est réalisée à partir de deux couches de silicium, une dopée P (dopée au Bore) et l'autre dopée N (dopée au phosphore), créant ainsi une jonction PN avec une barrière de potentiel. Lorsque les photons sont absorbés par les semi-conducteurs, ils transmettent leurs énergies aux atomes de la jonction PN de telle sorte que les électrons (charges N) et des trous (charges P) créent alors une différence de potentiel entre les deux couches [10].

Cette différence de potentiel est mesurable entre les connexions des bornes positive et négative de la cellule.

La tension maximale de la cellule est d'environ 0.6 V pour un courant nul, cette tension est nommée tension de circuit ouvert *VOC*. Le courant maximal se produit lorsque les bornes de la cellule sont court-circuitées ; il est appelé courant de court-circuit *ISC* et dépend fortement du niveau d'éclairement [12].

I. 9. Technologies des cellules photovoltaïques

Les cellules photovoltaïques sont des composants optoélectroniques qui transforment directement la lumière solaire en électricité, elles sont réalisées à l'aide des matériaux semi conducteurs.

L'énergie photovoltaïque fait appel généralement à une des technologies suivantes:

- la première technologie photovoltaïque recourt aux cellules de silicium monocristallin ou poly cristallin ont la meilleure efficacité, qui varie généralement de 13 à 18 %.
- leur durée de vie est habituellement de plus de 25 à 30 ans et pour le monocristallin l'efficacité et de 12 à 15 %.

- La deuxième technologie fait appel aux cellules de silicium amorphe est la deuxième technologie utilisée. L'efficacité est moindre, variant de 6 à 10 %. Leur durée de vie est généralement inférieure à 20 ans.
- la troisième technologie fait appel à d'autres matériaux semi-conducteurs, tels que le Tellure de Cadmium(CdTe), Cuivre Indium Sélénium (CIS) et les jonctions à base d'Arséniure de Gallium (GaAs), cette technologie des multicouches est en voie de développement car chacune d'entre elles est sensible à des photons d'énergies différentes [12].

Nous allons récapituler les différents types de technologie dans le tableau suivant (d'après Total énergie¹Revue du 9 Juillet 2006) [7] [10].

Type de cellules	Rendements des cellules (%)			Domaines d'application
	théorique	en labo.	disponible	
Silicium monocristallin	27	24.7	14-16	modules de grandes dimensions pour toits et façades, appareils de faibles puissances, espace (satellites)
Silicium poly cristallin	27	19.8	12-14	modules de grandes dimensions pour toits et façades, générateurs de toutes tailles (reliés réseau ou sites isolés)
Silicium amorphe	25	13	6-8	appareils de faible puissance, production d'énergie embarquée (calculatrice, montre.) modules de grandes dimensions (intégration dans le bâtiment)
Arséniure de Gallium GaAs	29	27.5	18-20	systèmes de concentrateur, espace (satellites).
CIS	27.5	18.2	10-12	appareils de faibles puissances, modules de grandes dimensions (intégration dans le bâtiment)
Tellurure de Gadmuim CdTe	28.5	16	9-11	modules de grandes dimensions (intégrations dans le bâtiment)

Tableau I.1 - Rendement énergétique des différents types de cellules photovoltaïques

I.10. Avantages et inconvénients de l'énergie solaire

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

Les systèmes photovoltaïques ont plusieurs avantages:

- Ils sont non polluants sans émissions ou odeurs discernables.
- Ils peuvent être des systèmes autonomes qui fonctionnent sûrement, sans surveillance pendant de longues périodes.
- Ils n'ont besoin d'aucun raccordement à une autre source d'énergie ou à un approvisionnement en carburant.
- Ils peuvent être combinés avec d'autres sources d'énergie pour augmenter la fiabilité de système.
- Ils peuvent résister à des conditions atmosphériques pénibles comme la neige et la glace.
- Ils ne consomment aucun combustible fossile et leur carburant est abondant et libre.
- Une haute fiabilité car l'installation ne comporte pas de pièces mobiles, ce qui la rend particulièrement appropriée aux régions isolées, d'où son utilisation sur les engins spatiaux.
- Le système modulaire de panneaux photovoltaïques permet un montage adaptable à des besoins énergétiques variés ; les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications allant du milliwatt au mégawatt [21],[27].
- la technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologiques car le produit est non polluant, silencieux, et n'entraîne aucune perturbation du milieu.
- Ils ont une longue durée de vie.
- Les frais et les risques de transport des énergies fossiles sont éliminés [14].

Pour les inconvénients nous citons :

- La fabrication des modules photovoltaïques relève de la haute technologie, ce qui rend le coût très élevé.
- Le rendement réel d'un module photovoltaïque est de l'ordre de 10 à 15 %.
- Ils sont tributaires des conditions météorologiques [14].

I. 11. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le principe de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par cellule photovoltaïque, ainsi que les différentes configurations des systèmes photovoltaïques; à savoir les panneaux photovoltaïques.

II.1 Introduction

Une fois que l'emplacement, la puissance approximative de l'installation, l'orientation et l'inclinaison des panneaux, sont déterminés, nous procéderons au dimensionnement du système.

II.2. Objectif général

Il s'agit de produire de l'énergie électrique de manière autonome à la DTD SONATRACH Boumerdès à partir de l'énergie solaire en utilisant des systèmes photovoltaïques. Il s'agira donc de contribuer à la protection de l'environnement.

Les objectifs spécifiques visent à :

- Identifier et choisir quelques charges pour lesquelles on veut produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie par les systèmes PV
- Etudier la faisabilité technique et financière de la mini-centrale photovoltaïque,
- Faire l'étude économique de faisabilité du projet et étude sommaire d'impact environnemental
- Analyser la généralisation du projet dans d'autres administrations [15].

II.3. Matériels et méthodes

D'abord nous partirons du bilan de puissance et du bilan énergétique global de la structure, pour définir les charges électriques à prendre en compte par l'étude technique de faisabilité. Ensuite, nous ferons le dimensionnement de la mini-centrale nécessaire. Enfin, nous ferons une étude technico-économique de faisabilité du projet après analyse de la possibilité de généralisation [15].

Les différentes étapes de cette méthodologie et les matériels nécessaires sont décrits à travers les points suivants :

II.3.1. Etude technique

Pour la présentation de la charge à alimenter par la mini-centrale photovoltaïque, nous avons déduit une puissance nécessaire pour les installations électriques pour la DTD SONATRACH Boumerdès.

Afin de rendre réalisable la mini-centrale photovoltaïque de notre étude, il est préférable de ne prendre en compte qu'une partie de cette installation [11].

C'est pourquoi, dans le cadre de la présente étude, nous avons ciblé :

- L'éclairage de la Division
- Les équipements de laboratoire
- L'éclairage extérieur
- Le système de télécommunication

II.3.2. Collecte des données

Les données nécessaires pour la réalisation de ce travail sont recensées depuis le TGBT. Ces données seront utilisées pour le dimensionnement et l'installation du générateur photovoltaïque [15].

A l'image de toute étude de conception d'un système photovoltaïque, il est primordiale de mesurer certaines données du site ; comme :

- l'ensoleillement ;
- l'irradiation ;
- l'inclinaison nécessaire pour avoir un rendement maximal avec les panneaux.

II.4. Constitutions du système

On distingue généralement deux types de système photovoltaïque : les systèmes photovoltaïques avec stockage électrique et les systèmes photovoltaïques sans stockage électrique ou fil soleil. la différence entre ces deux systèmes est que le second ne contient pas des batteries accumulateurs. Nous présenterons donc sur les figures ci-dessus un système avec stockage d'énergie et un système sans stockage



Figure II.1 : représentation synoptique de la structure d'un système photovoltaïque avec stockage

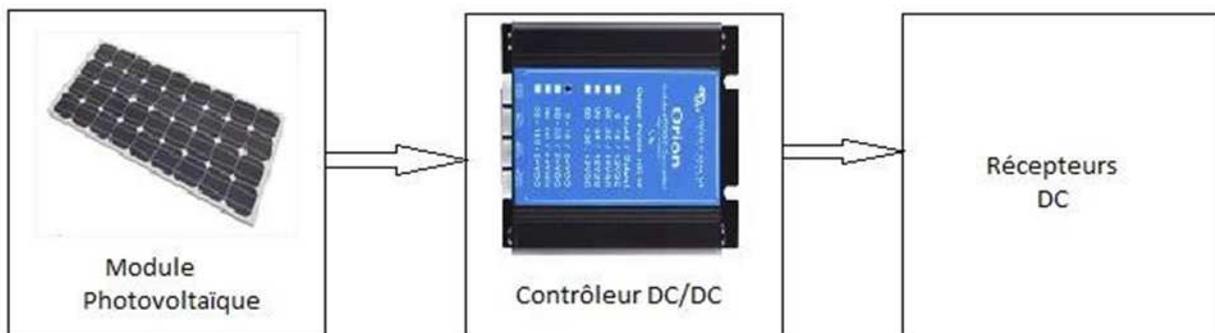


Figure II.2: représentation synoptique de la structure d'un système PV sans stockage

II.4.1. Modules photovoltaïques

Les modules sont un assemblage de photopile (ou cellule) montée en série, afin d'obtenir la tension désirée (12V, 24V...). La cellule photovoltaïque est l'élément de base dans la conversion du rayonnement. Plusieurs cellules sont associées dans un module qui est la plus petite surface de capacité transformable, montable et démontable sur un site. Les modules sont regroupés en panneaux, qui sont à leur tour associés pour obtenir des champs photovoltaïques selon les besoins. Les cellules photovoltaïques sont réalisées principalement par le silicium cristallin, qui est utilisé sous forme monocristalline ou multi-cristalline en plaquette ou en ruban ou encore en couches semi-minces sur substrat selon les technologies récentes. Les modules sont associés en série et en parallèle pour obtenir des puissances importantes et la tension voulue. On protège chaque cellule PV contre l'échauffement en lui montant une diode dite « diode by-pass » en parallèle qui court-circuite. Aussi on évite qu'un module PV soit récepteur en mettant en série à chaque branche une diode dite « diode anti retour » de chute de tension négligeable [17].

II.4.2. Régulateur de charge et décharge

Le régulateur électronique dans un système photovoltaïque gère la charge et la décharge de la batterie. Il limite la tension de la batterie afin d'éviter une surcharge, en déconnectant la batterie trop chargée des modules PV. Quand la batterie est trop déchargée, il la déconnecte de l'utilisation, par un disjoncteur automatique pour la protéger contre la décharge profonde.

Dans un système PV, en l'absence d'un régulateur, les accumulateurs seront exposés à une perte d'eau donc un vieillissement prématuré et à la sulfatation des plaques.

Le régulateur dans un système photovoltaïque peut assurer aussi le rôle de la compensation thermique. Il est situé entre le champ de modules et les batteries accumulateurs [15].

II.4.3. Batteries d'accumulation

Dans un système photovoltaïque, la ressource solaire ne pouvant être disponible à tout moment, il est indispensable de stocker de manière journalière ou saisonnière de l'énergie électrique produite par les panneaux solaires. On utilise pour cela des batteries d'accumulateurs. Les batteries les plus courantes sont de type plomb-acide à plaque plane pour les installations de faible puissance. Il existe aussi des accumulateurs de type nickel-cadmium qui sont chères et qui posent des problèmes de régulation de tension. A long terme, on pourra voir apparaître d'autre système de stockage.

La batterie est constituée essentiellement des deux électrodes l'une positive et l'autre négative et une solution électrolytique : solution d'acide sulfurique de viscosité variable [15].

Les batteries sont connectées au régulateur électronique car elles sont chargées à travers le régulateur et elles alimentent les charges par biais du même régulateur. Nous pouvons associer plusieurs batteries en série pour obtenir une tension adaptée à l'utilisation et on les associe en parallèle pour avoir la capacité et la puissance nécessaire à l'autonomie désirée.

Les tensions des batteries seront déterminées par rapport à celle aux récepteurs à courant continu et la tension des modules. Le nombre de batterie sera déterminé à partir de l'autonomie désirée [15].

II.4.4. Onduleur de tension

La tension produite par les modules photovoltaïques est continue et celle fournie par les batteries pour l'alimentation des charges est aussi de nature continue. Dans ces conditions, il faudra intégrer obligatoirement un onduleur au système PV destiné à alimenter des charges alternatives. L'onduleur est un convertisseur DC/AC, c'est-à-dire convertir la sortie continue (DC) du champ de module ou des batteries en électricité alternative (AC) standards comme celle fournie par SONELGAZ.

II.4.5. Contrôleur DC/DC

Il peut arriver que dans un système PV, la tension de sortie du champ ou de la batterie soit inférieure ou supérieure à celle de l'utilisation, qui doit être alimenté en continu. Il est donc nécessaire pour ces système, un convertisseur DC-DC transforme une tension continue de son entrée en une tension de sortie continue inférieure ou supérieure à celle de l'entrée selon qu'il soit abaisseur ou élévateur .Il permet de contrôler le signal d'alimentation de la charge et le stabilise. Les câbles relient électriquement tous les composants du système PV. Le câblage est un point critique de toute installation PV. Il est très important de bien dimensionner les conducteurs afin d'éviter la circulation d'un courant très fort dans les câbles même pour de petites puissances dans le cas d'utilisation de faibles tensions. Le choix des câbles dont l'enveloppe est adaptée aux conditions d'utilisation est nécessaire [15].

II.4.6. Récepteurs et charges

Les récepteurs ou charges (utilisation) font partie du système PV. Leurs tensions d'usage et leurs puissances déterminent les caractéristiques des éléments du système. Les récepteurs doivent être choisis avec soin. Lorsque c'est possible, il faut choisir les récepteurs de grand rendement .Après le choix des charges à alimenter par notre mini-centrale PV, nous relèverons leur caractéristiques qui nous permettrons de déterminer la puissance à installer.

II.5. Différentes configurations des systèmes photovoltaïques

Les différentes données de toutes charges à alimenter par la mini-centrale, permettent de déterminer les différents éléments constitutifs de chaque système PV et le nombre de système PV qu'il faudra. L'association de ces composants selon leurs fonctions donne la configuration du système PV. [11]

Etape 1 : L'estimation des besoins journaliers de l'utilisateur en électricité(en Wh/j)

A partir des caractéristiques révélées sur les récepteurs : tension, puissance et durée d'utilisation, on estime aisément ces besoins. La consommation journalière totale(CJT) est la somme des consommations journalière totale en courant continu (CC) et en alternatif (CA) il est nécessaire de tenir compte du rendement de l'onduleur pour la consommation en courant alternatif (CC).

$$CC= P_{cc} (W) \times H_{cc} (\text{Heures}) \quad 1.2$$

$$CA= P_{cA}(W) \times H_{cA}(\text{Heures}) \quad 1.3$$

P_{cc} : puissance consommée en continu

P_{cA} : puissance consommée en alternatif

H_{cc} : durée de fonctionnement du récepteur CC

H_{cA} : durée de fonctionnement du récepteur CA

K_{ond} : rendement de l'onduleur

Etape 2 : Estimation de l'ensoleillement sur le site de l'installation du générateur PV

Les données de l'ensoleillement (exprimé en KWh /m²/j) peuvent être relevées sur le site ou enregistrées sur la carte de l'ensoleillement de la région ou encore obtenues au niveau de la station météo la plus proche de la zone.

Pour avoir une autonomie complète et éviter une variation saisonnière de la consommation, il faut prendre comme référence l'ensoleillement du mois ensoleillé [23].

Etape 3 : Estimation du champ photovoltaïque (tension et puissance crête installée nombre de modules)

*La tension des modules est choisie par rapport à la puissance des panneaux considérés :

12V pour $P_c < 150W_c$

24V pour $150W_c < P_c < 1000W_c$

48V pour $P_c > 1000W_c$

On utilise des tensions plus élevées en fonction de la grandeur de la puissance crête et des charges.

W_c : Watt crête ; P_c : Puissance du champ PV

*Puissance du champ photovoltaïque : une des méthodes simplifiée est présentée

$$P_c = C_{JT}/K \times E_j \quad 1.4$$

E_j : Ensoleillement sur le plan des modules en kWh/m² /j

$K = K_p \cdot K_{bat} \cdot K_{reg}$

*Nombre de module

-Nombre de module en série : $N_s = U_c / U_{mod}$

U_c : Tension aux bornes de la charge

U_{mod} : Tension aux bornes d'un module

-Nombre de module en parallèle : $N_{//} = P_c / N_s \cdot P_{mod}$

P_c : puissance du champ PV

P_{mod} : puissance sur module [15].

Etape 4: Estimation de la capacité de stockage de la batterie et choix de la technologie

Ici, il faut connaître d'abord le nombre de jours d'autonomie souhaitée. Surtout par rapport au niveau de sécurité des équipements et des lieux d'installation du système.

$$C = C_{TJ} \times N_j / U_{bat} \cdot K_{bat} \cdot d_m \quad 1.5$$

N_j : nombre de jour d'autonomie

U_{bat} : tension de la batterie

DM : profondeur de la décharge

ON tiendra compte du régime de la décharge $C / x(Ah)$ compatible avec le courant demandé.

Etape 5: Dimensionnement des câbles et plan de câblage

La condition primordiale est que la chute de tension dans les câbles ne doit pas dépasser 3%

On obtient la chute de tension en pourcentage de la manière suivante :

Le réseau ici est considéré comme bifilaire (02 fils)

I_B : courant d'emploi du circuit, L : longueur du câble (Km), R : résistance linéique du conducteur (.. /Km), U_N : tension nominale (V).

On pourra utiliser aussi les abaques pour déterminer graphiquement la section du câble à utiliser pour notre étude.

Etape 6: Choix de régulateur et de l'onduleur

***Critères requis pour le régulateur**

$P_{reg} > P_c$ installée, $U_{reg} = U$ générateur, Entrée admissible $> I_{max}$ du module, I sortie

$reg > P_{max} / U$ générateur

*Critères requis pour l'onduleur

Puissance de l'onduleur est supérieure ou égale à la
Puissance des charges, K_{ond} varie entre 0.9% et 0.95%

II.6.Choix des composants du système

En tenant compte des caractéristiques des différents éléments dimensionnées pour chaque système PV et des catalogues des constructeurs, nous pourrons choisir aisément de manière spécifique les équipements adéquats à utiliser en tenant compte des couts et de la qualité. [29]

II.7.Caractéristiques des composants utilisés pour le dimensionnement des systèmes PV

Les caractéristiques des composants de base utilisés pour la conception des systèmes photovoltaïques sont présentées dans le tableau suivant :

Désignation du composant	Caractéristiques techniques
Module	Module poly cristallin, Puissance 285Wc, $U_{nominal}= 30V$, Rendement = 13 %; $U_{opt}= 36 V$; $I_{opt}= 4,72A$ à 25 °C; $I_{nom}=7,083A$.
Onduleur	Type triphasés, tension d'entrée 120V, tension de sortie 470V Rendement $K_{ond} =0.95$
Régulateur	Tension d'entrée = 120V, tension de sortie =120V. $K_{contr}=0,9$
Batterie	12V; profondeur de décharge $t= 50\%$.

Tableau II.1 : Caractéristique technique des composants du système PV

II.8. Etude technique et bilan énergétique de la division technologie et développement à partir de poste MT/BT

Les informations ci-dessus collectées permettront de calculer la puissance totale de l'ensemble de ces appareils et installations afin d'en déduire la puissance « photovoltaïque installée »

Code	N° de Départ	Equipement	Q (VAR)	Un (V)	Cos phi	Ks	Pc (W)	I(A)
TGBT	1	Armoire TD- Bâtiment labo nord	33725	400	0,8		42000	81,13
	2	Armoire TD- Bâtiment labo sud	38867	400	0,8		48000	93,50
	3	Armoire TD- Bâtiment recherche nord	39956	400	0,8		42000	96,12
	4	Armoire TD- Bâtiment recherche sud	25585	400	0,8		3115	61,55
	5	Armoire TD- Restaurant	26533	400	0,8		32300	61,83
	6	Armoire TD- Cuisine	5325	400	0,8		70100	12,81
	7	Armoire TD- Administration	10600	400	0,8		12000	25,50
	8	Armoire TD- Locaux techniques	9074	400	0,8		11000	21,83
	9	TD-Bâche à eau (Station de pompage)	14965	400	0,8		18000	36,00
	10	Armoire Monte charge Nord	14965	400	0,8		17300	31,25
	11	Armoire Monte charge Sud	15862	400	0,8		21150	38,16
	Total TGBT			400	0,8	0,8	281965,5	25633,23

Tableau II.2: Bilan de puissance Armoire TGBT

Code	N° de Départ	Equipement	Pc appelée (KW)	Durée d'utilisation H	Consommation journalière en KWH
TGB T	1	Armoire TD-Bâtiment labo nord	42	8	336
	2	Armoire TD-Bâtiment labo sud	48	8	384
	3	Armoire TD-Bâtiment recherche nord	42	8	336
	4	Armoire TD-Bâtiment recherche sud	31,11	8	248,90
	5	Armoire TD-Restaurant	32,3	6	193,80
	6	Armoire TD-Cuisine	7,1	7	49,70
	7	Armoire TD-Administration	12	8	96
	8	Armoire TD-Locaux techniques	11	8	88
	9	TD-Bâche à eau (Station de pompage)	18	12	216
	10	Armoire Monte charge Nord	17,3	2	34,60
	11	Armoire Monte charge Sud	21,15	2	42,30
	Total TGBT		281,97		2025,324

Tableau II.3 : Bilan d'énergie Armoire TGBT

II.9. Caractéristiques des charges dimensionnées

- **SPV1** : système photovoltaïque alimentant bâtiment laboratoire ;
- **SPV2** : système photovoltaïque alimentant bâtiment recherche ;
- **SPV3** : système photovoltaïque alimentant bâtiment administration ;
- **SPV4** : système photovoltaïque alimentant cuisine et restaurant ;
- **SPV5** : système photovoltaïque alimentant monte-charge ;
- **SPV6** : système photovoltaïque alimentant station de pompage.

II.10. Dimensionnement des composants constituant le système PV

En tenant compte du bilan de puissance calculé, nous pouvons déterminer le nombre des composants constituant notre installation PV au sein de la Division Technique Développement.

désignation	caractéristique	Puissance installée(Wc)	quantité
Modules poly cristallin	285Wc , 30V	90000	315
Support pour les modules	-	90000	315
Génie-civil(enclos pour les modules)	-	90000	-
Armoire de commande	-	90000	1
Câble et divers accessoires	-	90000	-
Main d'œuvre	-	90000	-
Régulateur	120v	90000	1
Onduleur	90kw/120v/400v	90000	1
Batteries	12v/100Ah	90000	175

Tableau II.4 : Tableau PV alimentant le bâtiment laboratoire

désignation	caractéristique	Puissance installée(Wc)	quantité
Modules poly cristallin	285Wc, 30V	73115	256
Support pour les modules	-	73115	256
Génie-civil (enclos pour les modules)	-	73115	-
Armoire de commande	-	73115	1
Câble et divers accessoires	-	73115	-
Main d'œuvre	-	73115	-
Régulateur	120v	73115	1
Onduleur	75kw	73115	1
Batteries	12v/100Ah	73115	142

Tableau II.5 : Tableau PV alimentant le bâtiment recherche

désignation	caractéristique	Puissance installée(Wc)	quantité
Modules poly cristallin	285Wc, 30V	39400	138
Support pour les modules	-	39400	138
Génie-civil (enclos pour les modules)	-	39400	-
Armoire de commande	-	39400	1
Câble et divers accessoires	-	39400	-
Main d'œuvre	-	39400	
Régulateur	120v	39400	1
Onduleur	42kw 120v/400v	39400	1
Batteries	12v/100Ah	39400	76

Tableau II.6 : Tableau PV alimentant l'administration

désignation	caractéristique	Puissance installée(WC)	quantité
Modules poly cristallin	285Wc, 30V	12000	42
Support pour les modules	-	12000	42
Génie-civil (enclos pour les modules)	-	12000	-
Armoire de commande	-	12000	1
Câble et divers accessoires	-	12000	-
Main d'œuvre	-	12000	
Régulateur	120v	12000	1
Onduleur	15kw 120v/400v	12000	1
Batteries	12v/100Ah	12000	23

Tableau II.7 : Tableau PV alimentant le restaurant et la cuisine

désignation	caractéristique	Puissance installée(WC)	quantité
Modules poly cristallin	285Wc, 30V	38450	135
Support pour les modules	-	38450	135
Génie-civil (enclos pour les modules)	-	38450	-
Armoire de commande	-	38450	1
Câble et divers accessoires	-	38450	-
Main d'œuvre	-	38450	-
Régulateur	120v	38450	1
Onduleur	40kw 120v/400v	38450	1
Batteries	12v/100Ah	38450	74

Tableau II.8 : Tableau PV alimentant monte-charge

désignation	caractéristique	Puissance installée(WC)	quantité
Modules poly cristallin	285Wc, 30V	18000	63
Support pour les modules	-	18000	63
Génie-civil (enclos pour les modules)	-	18000	-
Armoire de commande	-	18000	1
Câble et divers accessoires	-	18000	-
Main d'œuvre	-	18000	-
Régulateur	120v	18000	1
Onduleur	20kw120v/400v	18000	1
Batteries	12v/100Ah	18000	35

Tableau (II.9) : Tableau PV alimentant station de pompage.

II.11. Système de couplage automatique

Un contacteur de ligne KM11 alimente la charge par la source du système photovoltaïque, un autre contacteur KM12 alimente la charge par la source RESEAU /POSTE MT/BT.KA1 est un relais de détection de rupture d'énergie au niveau de la charge du SPV. L'automate programmable industriel (API) gère les fermetures et les ouvertures des deux contacteurs en recevant des signaux de KA1.

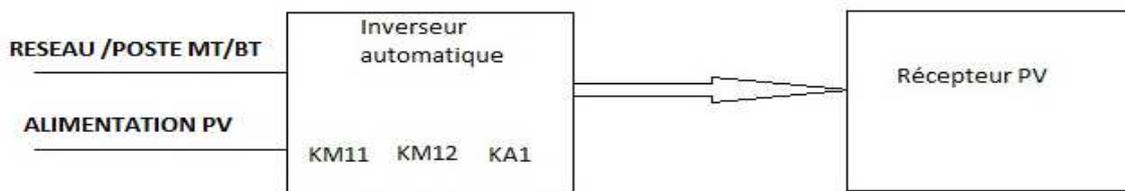


Figure II.3 : Schéma synoptique du couplage automatique des charges sur le réseau conventionnel ou les groupes électrogènes (cas de système PV).

Les schémas de puissance et de commande sont les schémas classiques d'inverseur pour l'alimentation d'une charge par une source secours en cas de disparition de la source principale.

II.11.1. Grafset niveau I et II

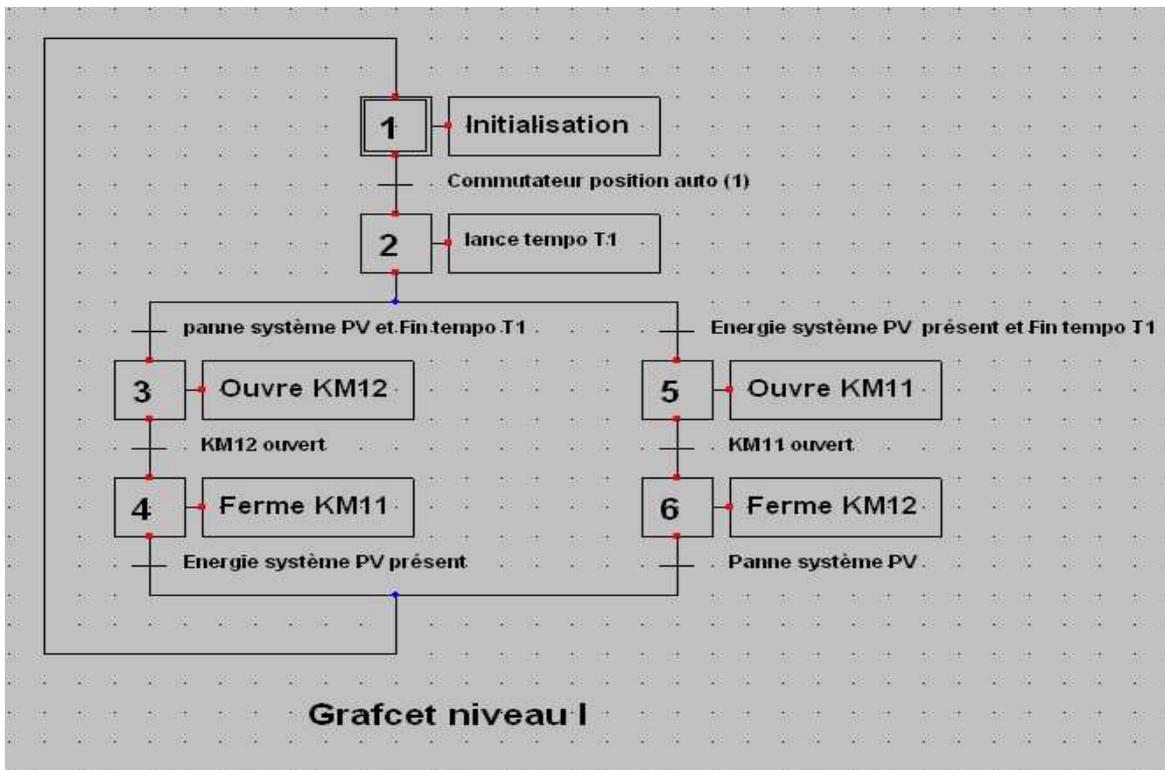


Figure II.4 : grafset niveau I.

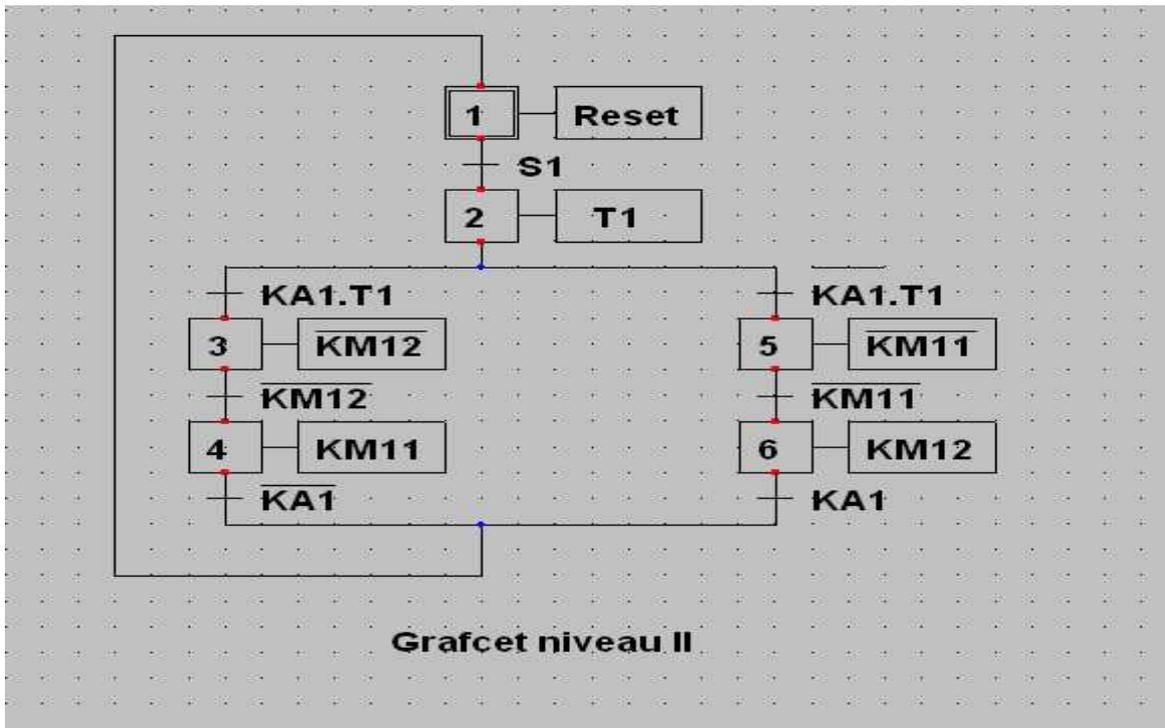


Figure II.5 : grafcet niveau II.

II.11.2. Programme d'exécution par l'automate programmable industriel

Le programme exécuté par l'API ZELIO présenté en ANNEX est le suivant : le tableau ci-dessous montre les adresses des différents composants sur l'automate.

Composants	Adresses
S1	I1
KA1	I2
KM11	Q1
KM12	Q2

Figure II.6 : Adressage des entrées et sorties de l'automate pour le SPV1

II.12- Conclusion

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

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

III.1.Introduction

En énergie renouvelable, il est important de signaler qu'il faut respecter un certain nombre d'étapes. Ces dernières sont facilement déterminées si nous utilisons un logiciel relatif de simulation pour définir les différents éléments constituant un system PV.

Dans ce chapitre, nous avons simulé les cellules PV a partir de MATLAB SIMULINK ensuite nous présentons les résultats de simulation d'une centrale PV de puissance 300 KW, en utilisant une technologie de modules au silicium poly cristallin.

III.2. Simulation des cellules PV sous MATLAB SIMULINK

III.2.1. Branchement d'une (01) cellule

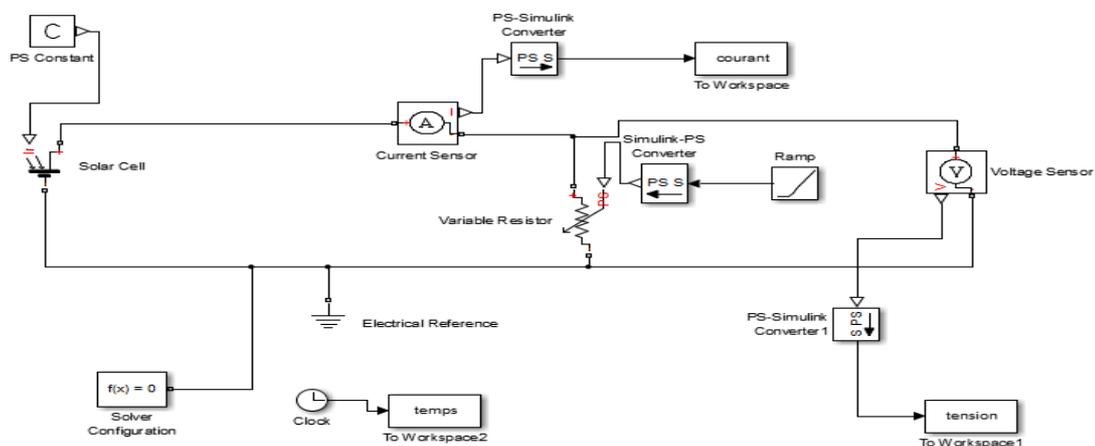


Figure III.1 : Schéma bloc de branchement une cellule PV

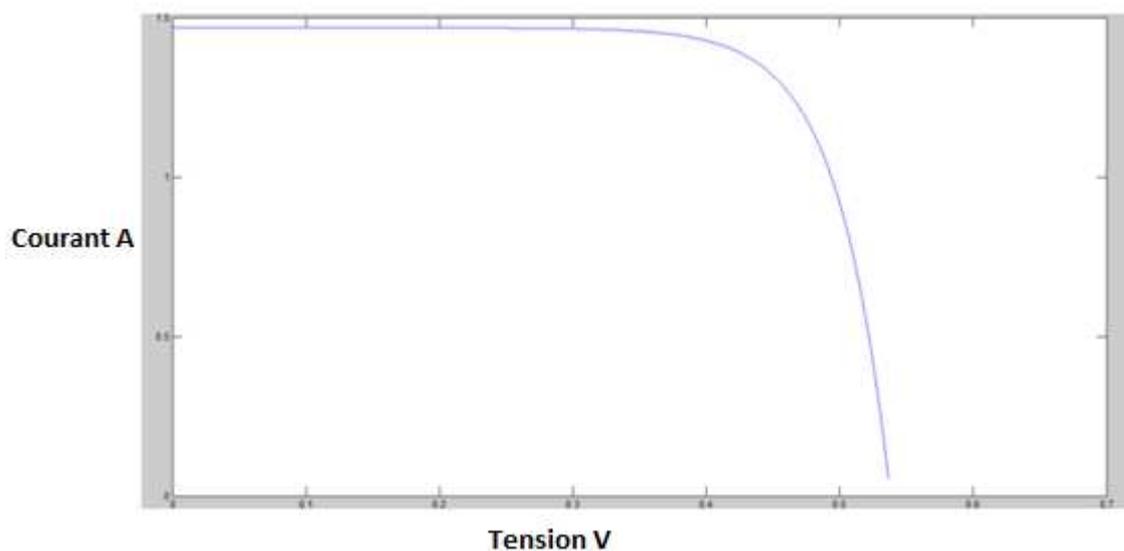
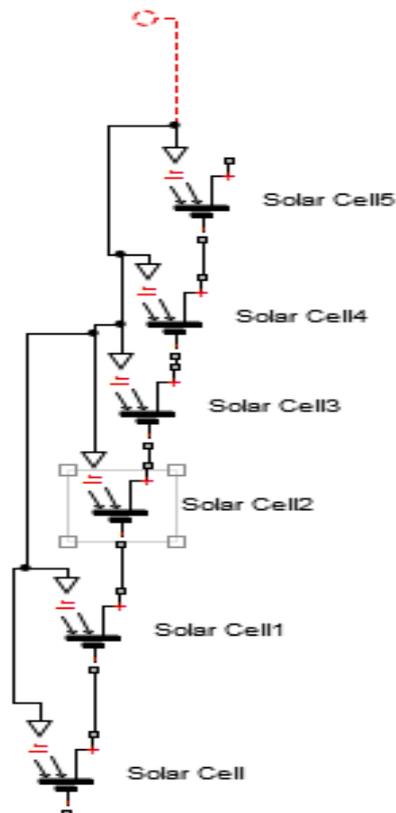


Figure III.2 : graphe (tension, courant) une cellule

Les modules peuvent être assemblés en panneaux, eux même interconnectés pour former un champ de module. Dans une installation, l'ensemble des champs de modules constitue le champ photovoltaïque

III.2.2. Branchement six (06) cellules en série

Dans un groupement en série, les modules sont traversés par le même courant et la caractéristique résultante du groupement en série obtenue par addition des tensions à courant donné



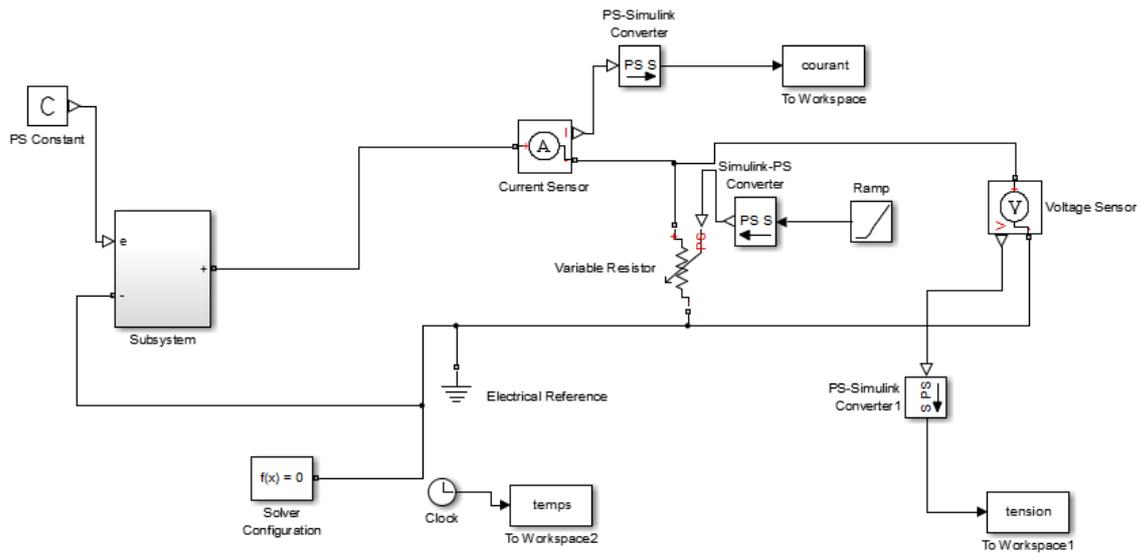


Figure III.3: schéma bloc de branchement six (06) cellules en série

la caractéristique résultante Tension –courant

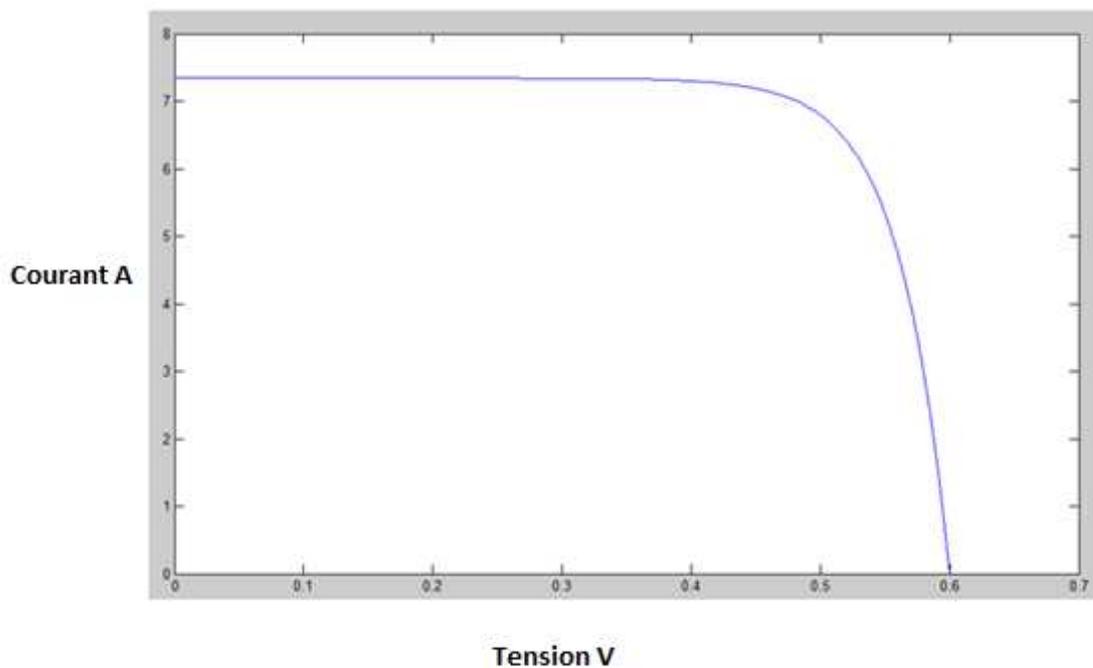


Figure III.4 : graphe « tension, courant » –branchement (06) cellules en série

III.2.3. Branchement des cellules série –parallèle

Pour avoir une satisfaction en courant et en tension, on est obligé d'utiliser un groupement mixte, c'est –à-dire Série-Parallèle.

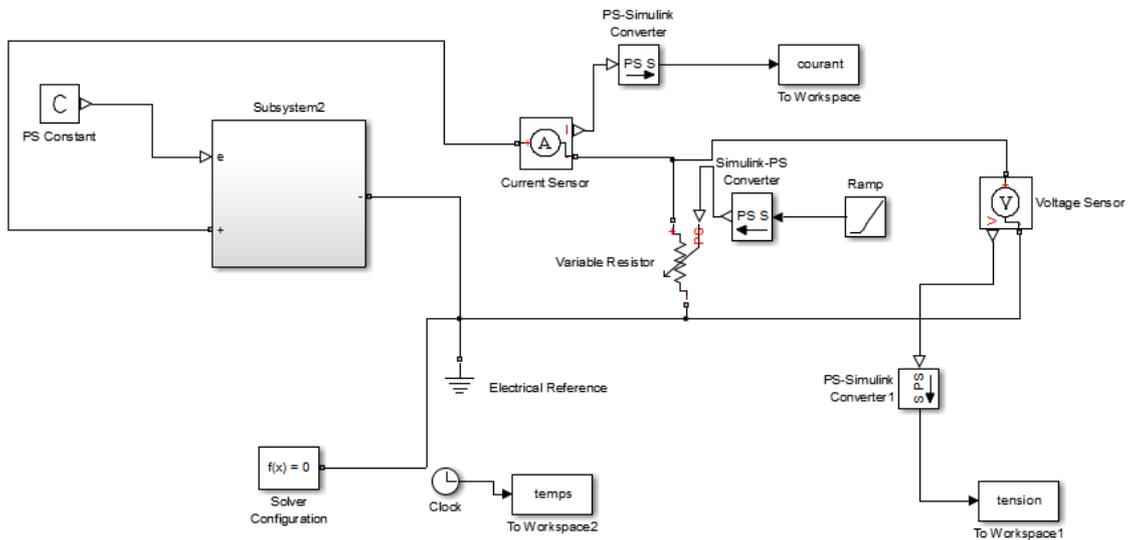


Figure III.5: schéma bloc de branchement six cellule serie-parallele

La caractéristique d'un groupement de modules solaires en Série –Parallèle est représentée par la figure

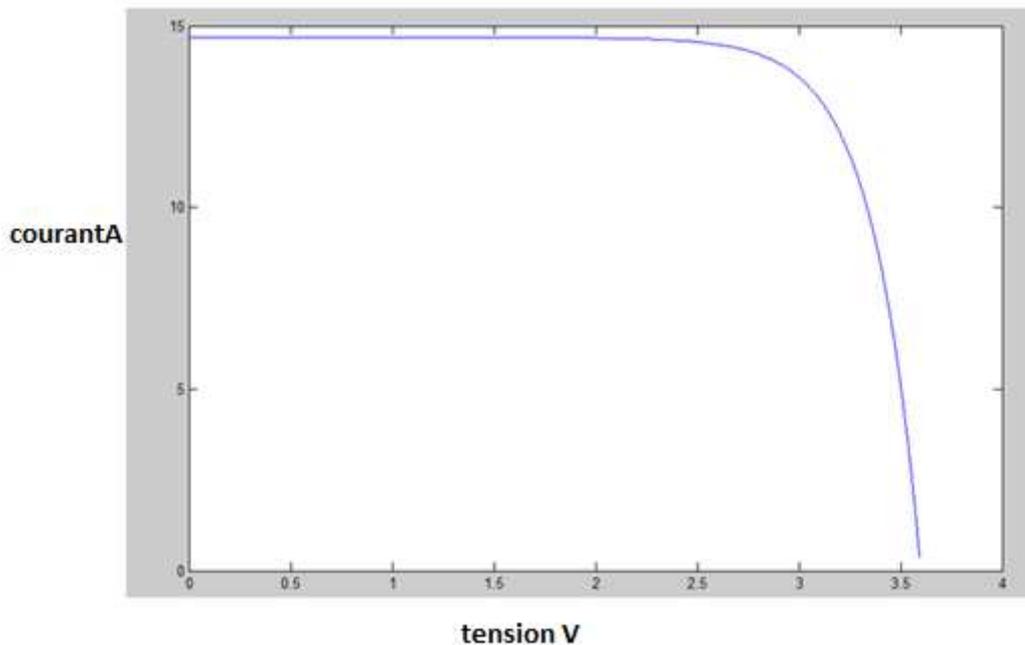


Figure III.6 : graphe tension, courant –branchement série-parallèle.

III.3. Présentation de logiciel de simulation PVSYS

PVSYS est un logiciel conçu pour être utilisé par les architectes, les ingénieurs et les chercheurs, mais aussi un outil pédagogique très utile. Il inclut une aide contextuelle approfondie, qui explique en détail la procédure et les modèles utilisés et offre une approche économique avec guide dans le développement d'un projet. PVSYS permet d'importer des données météo d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données personnelles [16].

III.4. Gestion d'un projet donne (système raccordé au réseau)

The screenshot displays the PVSYS software interface, divided into two main sections: "Désignation du projet" (Project Designation) and "Variante du Système (version de calcul)" (System Variant (calculation version)).

Désignation du projet

Le projet inclut principalement la définition du SITE géographique et le fichier METEO horaire associé

Nom du projet: projet DTD 44444 Date: 01-04-2017

Buttons: Reorder variants, Charger un projet, Nouveau projet, Save Project, Supprimer un projet

Paramètres: Site et Météo, Albédo - params

Variante du Système (version de calcul)

N° de Variante: VC1 : Nouvelle variante de simulation

Buttons: Nouvelle variante, Créer à partir de

Paramètres d'entrée

Obligatoire: Orientation, Système, Pertes détaillées, Net metering

Optionnel: Horizon, Ombrages proches, Calepinage, Eval. économique, Outils divers

Simulation et résultats

Buttons: Simulation, Résultats, Sauver variante, Supprimer variante

Figure III.7 : Désignation du projet dans PVSYS.

III.5- CONCEPTION /DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME

La conception de système est basée sur une procédure rapide et simple

- Spécifier la puissance désirée ou la surface disponible
- Choisir les modules PV dans la base de données interne
- Choisir l'onduleur dans la base de données interne

Et PV syst propose une configuration de système, qui de réaliser une première simulation /évaluation

Configuration globale du système

1 Nombre de types de sous-champs

Schéma simplifié

Résumé système global

Nombre de modules	1017	Puissance PV nominale	290 kWp
Surface modules	1973 m ²	Puissance PV maximale	272 kWdc
Nbre d'onduleurs	31	Puissance AC nominale	267 kWac

Sous-champ #1

Sub-array name and Orientation

Name: Sous-champ #1

Orient: **Plan incliné fixe**

Tilt: 32°

Azimuth: 0°

Aide au dimensionnement

No Sizing

Entrez Pnom désirée: 290.0 kWp

... ou surface disponible: 1975 m²

Sélection du module PV

Disponibles

Modules nécessaires approx. 1018

Generic 285 Wp 30V Si-poly Poly 285 Wp 72 cells Since 2015 Typical

Dimens. des tensions :pp (60°C) 30.7 V

Voc (-10°C) 50.4 V

Use Optimizer

Sélection de l'onduleur

Disponibles

ABB 8.6 kW 120 - 530 V 60 Hz UNO-8.6-OUTD-US-S-A (240V) Since 2015

Nb. d'entrées MPPT: 62

Tension de fonctionnement: 120-530 V

Puissance globale ond. 267 kWac

Utilise multi-MPPT

Tension entrée maximale: 600 V

Onduleur avec 2 MPPT

50 Hz

60 Hz

Dimensionnement du champ

Nombre de modules et chaînes

Mod. en série: 9 (entre 4 et 11)

Nb. chaînes: 113 (entre 104 et 113)

Perte sur-puissance: 0.0 %

Rapport Pnom: 1.09

Voir conditions

Conditions de fonctionn

Vmpp (60°C) 276 V

Vmpp (20°C) 335 V

Voc (-10°C) 454 V

Irradiance plan: 1000 W/m²

Imp (STC) 892 A

Isc (STC) 958 A

Isc (aux STC) 946 A

Max. données

STC

Puiss. max. en fonctionnement à 1000 W/m² et 50°C: 260 kW

Puiss. nom. champ (STC) 290 kWp

Nbre modules 1017 Surface 1973 m²

Figure III.8 : Configuration du système dans PVSYST.

III.6. Dimensionnement de système : outil visuel

Un outil spécifique rassemble toutes les contraintes pour le dimensionnement du système

- Pour le nombre de modules en série : le diagramme supérieur montre la courbe I/V du champ PV (été/hiver), et les contraintes de tension (y compris courant et puissance) de l'onduleur.
- Pour le dimensionnement de l'onduleur : le second graphique montre la distribution annuelle de puissance MPP du champ et la puissance effective de l'onduleur
- Le dimensionnement optimal de l'onduleur est basé sur la perte de surcharge acceptable sur une année .Il conduit habituellement à sur-dimensionner le rapport de puissance nominale champ/onduleur [22].

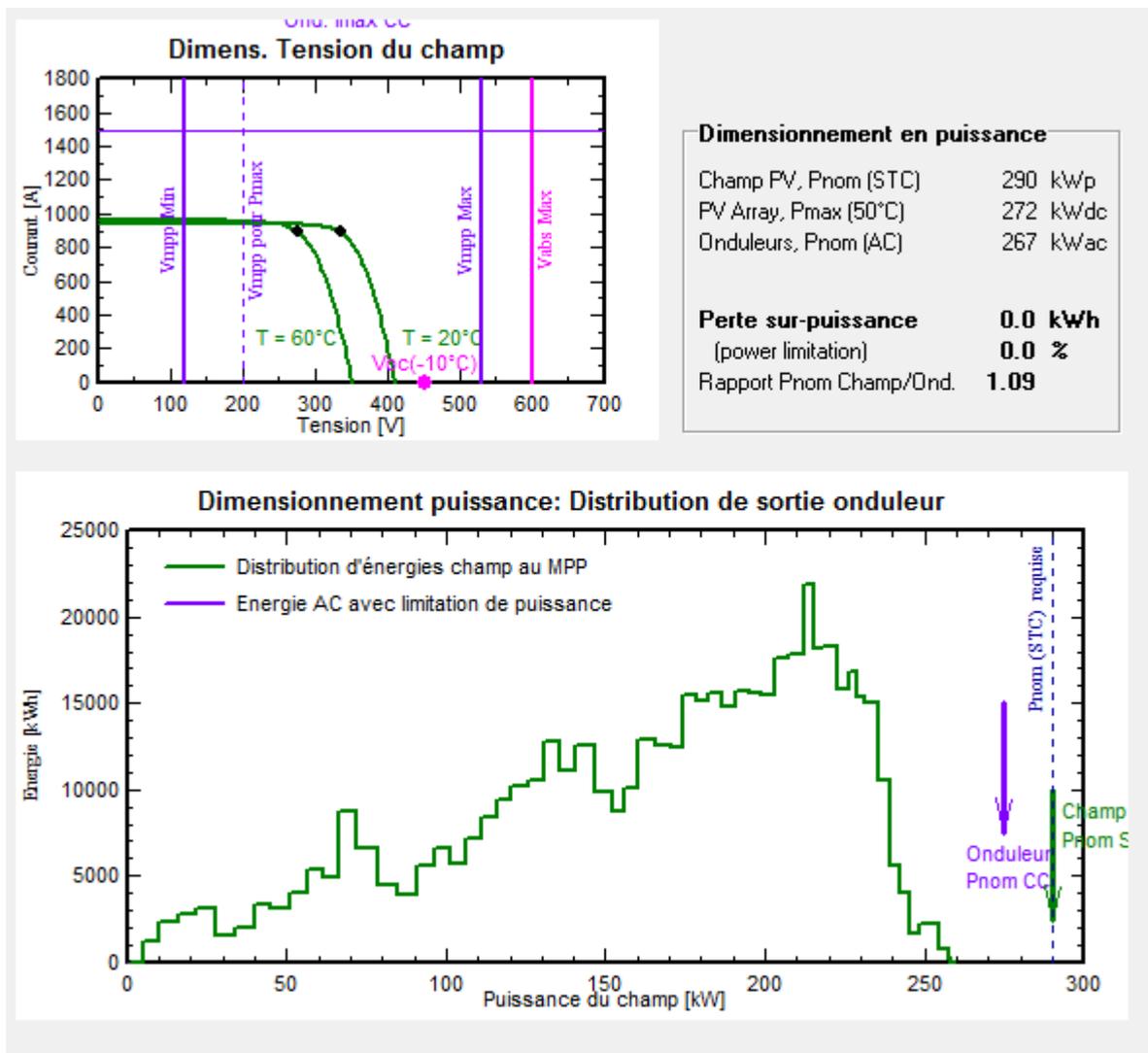


Figure III.9 : Conditions de dimensionnement champ/ onduleur dans PVSYS.

Après un bon dimensionnement du système, on peut définir différentes pertes comme les ombrages lointains et proches, en utilisant un éditeur 3D complet, pour la définition de l'environnement et des conditions d'ombrages proches.

Des outils spécialisés sont également fournis pour l'évaluation des pertes de câblage, et de pertes telles que la qualité des modules, l'inadéquation entre les modules, les salissures, les comportements thermiques selon le mode de montage, la non-disponibilité du système,...etc

III.7.Simulation numérique

La simulation calcule la distribution des énergies tout au de l'année. Un rapport complet avec tous les paramètres impliqués et les résultats principaux, est conçu pour être directement transmis a l'utilisateur

III.8.Site d'implantation

Pour la simulation de notre projet de la centrale PV, nous avons choisi le site de BOUMERDES ou les données géographiques et météorologiques sont incluses dans le logiciel PVSYST [31].

III.8.1.Données géographique

Caractéristique	Latitude en degré °	Altitude en m	Longitude en degré °
Boumerdes	36.7	22	3.3

Tableau III.1 : Tableau des données géographique du site de Boumerdès [33].

III.8.2. Données météorologiques

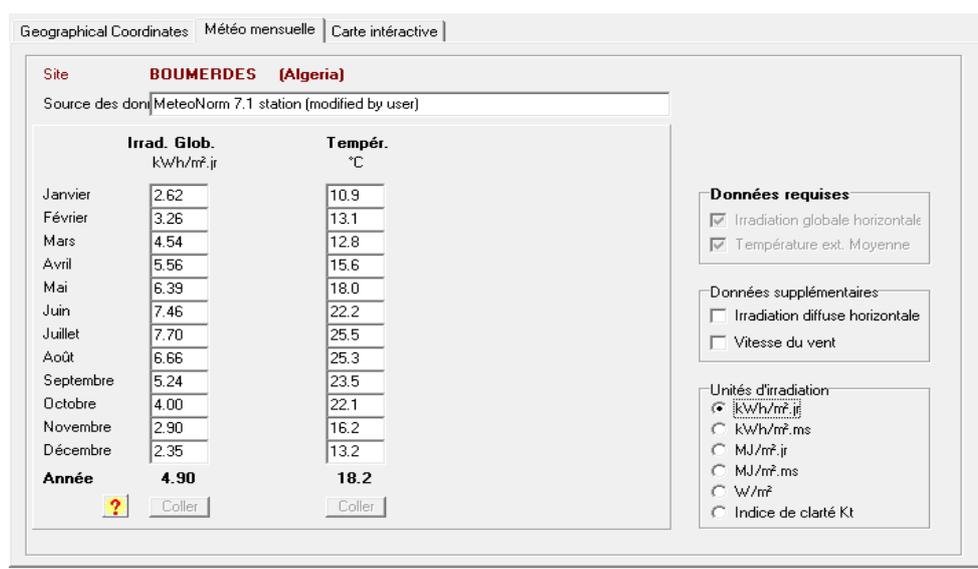


Figure III.10 : Données météorologiques.

Ces données résument les caractéristiques climatiques du site de Boumerdès [33].

➤ Trajectoire du soleil :

La connaissance du mouvement apparent du soleil pour un point donné de la surface terrestre est nécessaire pour toute application solaire.

La position du soleil est définie par deux angles : sa hauteur HS (angle entre le soleil et le plan horizontal du lieu) et son Azimut AZ (angle avec la direction du sud, compté négativement vers l'est).

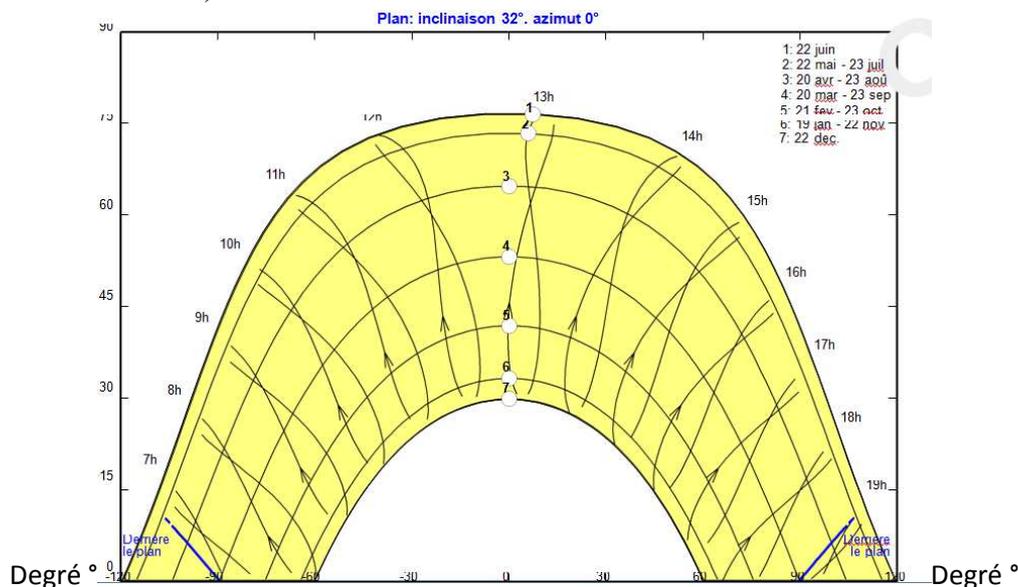


Figure III.11 : Trajectoire du soleil à Boumerdès.

➤ Simulation d'une centrale PV de puissance 300 kW avec le logiciel PVSYS

La simulation détaillée d'un système PV comporte :

- Le choix des composants (panneaux PV, onduleur, matériel de raccordement,...)
- La disposition détaillée du champ de capteurs (orientation, mode de montage,...etc.).
- L'estimation de l'énergie produite ;
- Une évaluation des coûts de l'installation, et le prix de KWh résultant.

➤ Orientation des modules PV

Vu le prix élevé des modules PV, il est nécessaire de choisir des orientations et inclinaisons favorables à la production d'énergie.

Pour la simulation en technologie de silicium poly cristallin, nous avons choisi un plan incliné fixe d'une inclinaison 32° (par rapport à l'horizontale) comme l'illustre la figure 32° c'est l'inclinaison optimale donnée par le logiciel PVSYS, en dehors de cette dernière le rendement diminue.

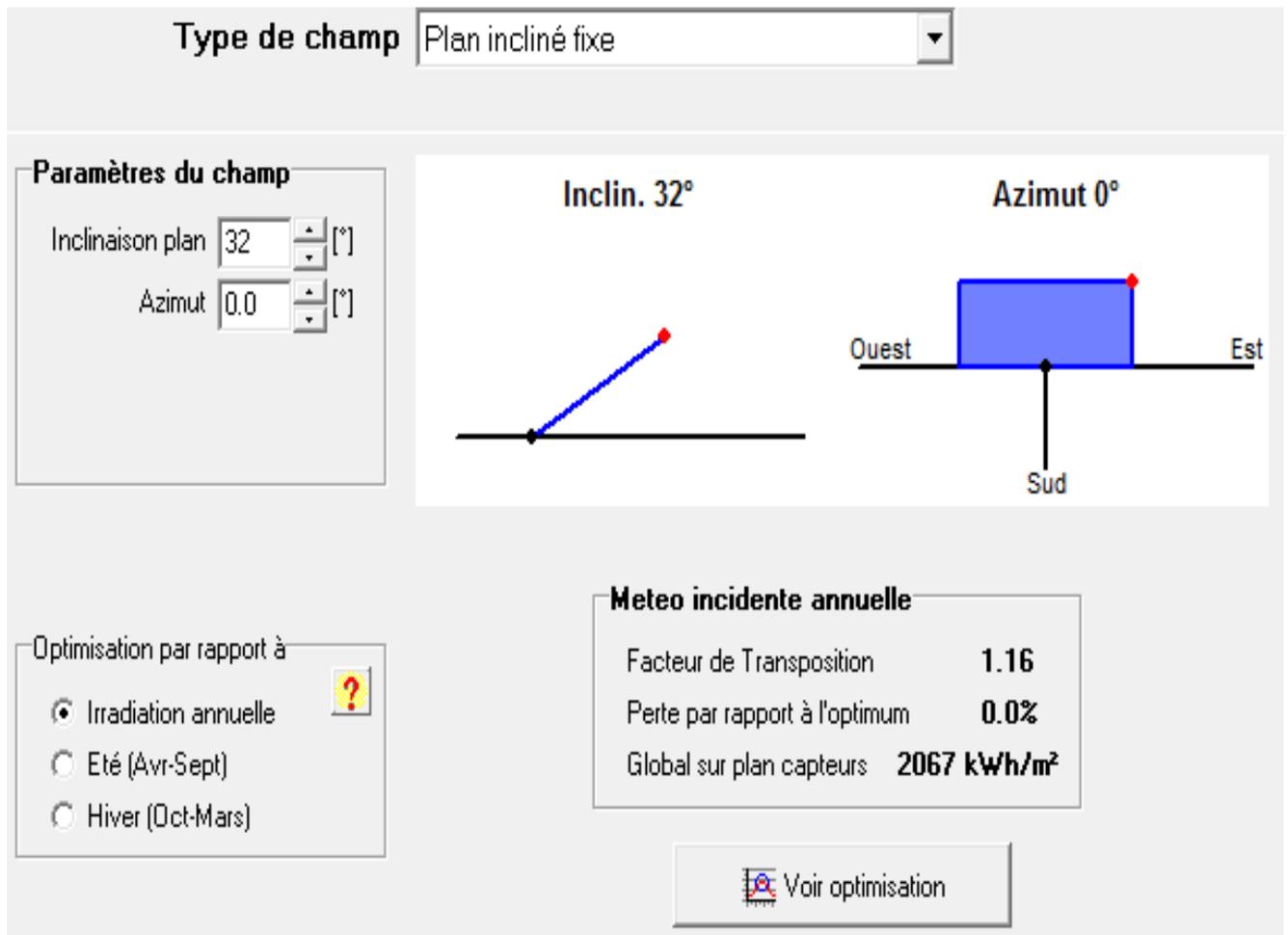


Figure III.12 : Positionnement des systèmes de panneaux PV.

III.8.3 .Schéma de l'installation PV

La figure représente le schéma de l'installation PV raccordé au réseau prise en compte dans la simulation

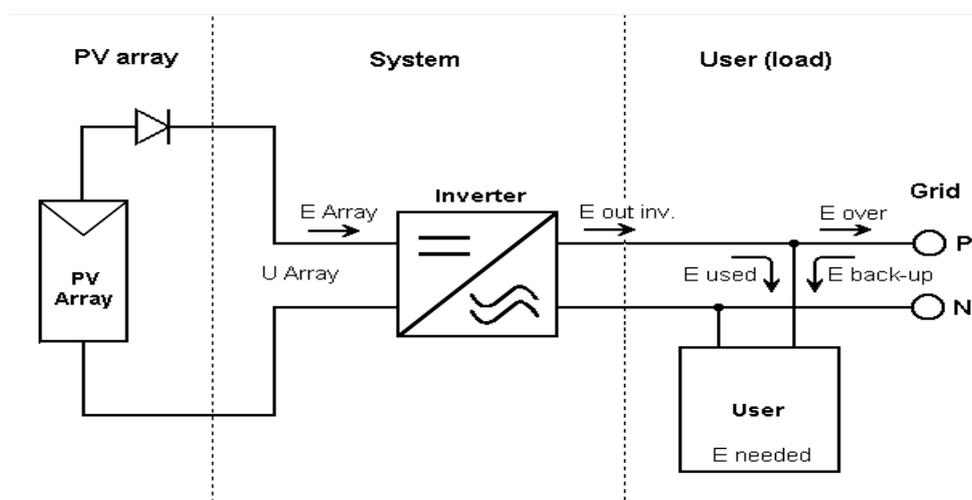


Figure III.13 : Schéma simplifié d'une installation PV raccordée au réseau.

III.8.4. Paramètres de simulation

➤ Caractéristique du module PV

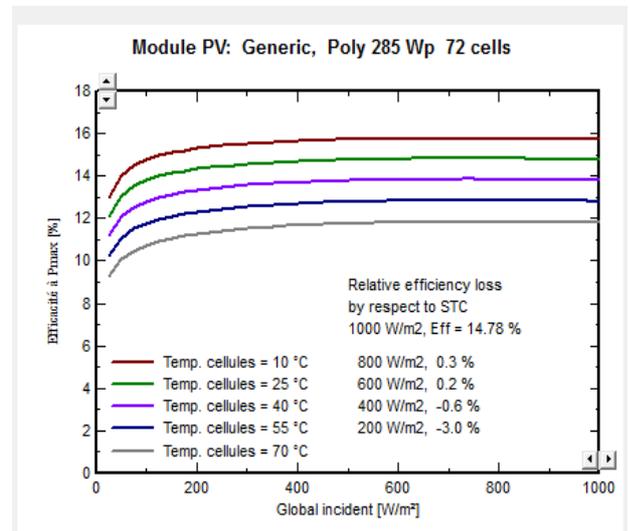
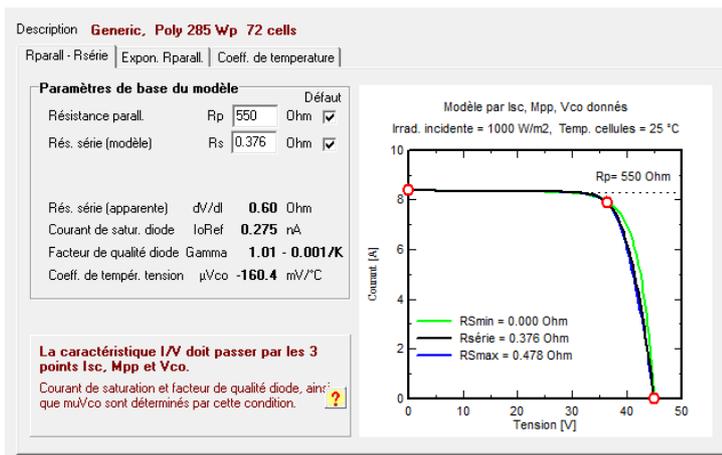


Figure III.14 : Caractéristique du module PV

➤ Caractéristique de l'onduleur

- tension de fonctionnement : 120/530v
- tension max : 600v
- puissance : 8.2 KW
- type : triphasé
- fréquence : 50 HZ

➤ Répartition d'un champ

Les paramètres de dimensionnement du champ PV pour une puissance limitée de 300 kWc sont résumés dans le tableau ci-dessous.

PVSYST V6.40		18/04/17		Page 1/4	
Système couplé au réseau: Paramètres de simulation					
Projet:	projet DTD « SONATRACH »				
Site géographique	BOUMERDES			Pays Algeria	
Situation	Latitude	36.7°N	Longitude	3.3°E	
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude	22 m	
	Albédo	0.20			
Données météo:	BOUMERDES Synthétique - MétéoNorm 7.1				
Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation					
	Date de la simulation 18/04/17 à 12h31				
Paramètres de simulation					
Orientation plan capteurs	Inclinaison	32°	Azimut	0°	
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus	Erb ^s Météonorm	
Horizon	Pas d'horizon				
Ombrages proches	Sans ombrages				
Caractéristiques du champ de capteurs					
Module PV	Si-poly	Modèle	Poly 285 W ₀ 72 cells		
Original PVSyst database		Fabricant	Generic		
Nombre de modules PV		En série	9 modules	En parallèle	113 chaînes
Nombre total de modules PV		Nbre modules	1017	Puissance unitaire	285 W _c
Puissance globale du champ		Nom ⁱⁿ ale (STC)	290 kW _c	Aux cond. de fonct.	260 kW _c (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U _{mpo}	291 V	I _{mpo}	892 A
Surface totale		Surface modules	1973 m ²	Surface cellule	1779 m ²

Onduleur	Modèle	UNO-3.6-OUTD-US-S-A (240V)		
Original PV syst catalase	Fabricant	ABB		
Caractéristiques	Tension de fonctionnement	120-530 V	Puissance unitaire	8.60 kWac
Batterie d'onduleurs	Nbre d'onduleurs	62 * MPPT 50 %	Puissance totale	267 kWac
Facteurs de perte du champ PV				
Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (vent)	0.0 W/m²K / m/s
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	5.5 mOhm	Frac. pertes	1.5 % aux STC
Perte de qualité module			Frac. pertes	-0.8 %
Perte de "mismatch" modules			Frac. pertes	1.0 % au MPP
Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Param. bo	0.05

Tableau III.2 : Paramètres de simulation d'une installation PV.

Comme illustré sur le tableau, le champ PV sera constitué de 1017 de modules PV (technologie poly cristallin) répartis sur une surface de 1779m², comme suit :

- 09 modules en série
- 113 modules en parallèle

Le nombre d'onduleur est égal à 62 unités avec une puissance globale de 267 KWc

III.8.5. Résultat de simulation numérique

	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
jan	81.1	10.23	131.1	127.6	34.829	33.786	13.47	13.06
fev	91.4	10.99	125.5	122.3	33.078	32.096	13.35	12.96
mar	140.6	13.54	170	165.5	43.961	42.208	12.99	12.58
avr	186.8	15.49	178.7	173.6	45.198	43.789	12.82	12.42
mai	196	19.06	191.4	185.6	47.542	46.025	12.58	12.18
jui	223.9	22.9	207.4	201	50.351	48.733	12.31	11.91
juil	238.8	26.08	224.4	217.4	53.031	51.288	11.97	11.57
aou	206.8	26.27	212.3	206.1	50.431	48.833	12.05	11.66
sep	157.3	22.99	183.3	178.7	44.961	43.250	12.34	11.95
oct	123.9	20.12	168.5	163.7	41.940	40.634	12.65	12.25
nov	87.1	14.47	136	132.7	35.059	33.989	13.6	12.66
dec	72.9	11.80	124.9	121.7	33.258	32.291	13.5	13.10
année	1788	17.87	2050	1996	513.003	496.936	12.66	12.26

Tableau III.3 : Tableau de Bilan et résultat principaux.

Légende :

GlobHor : Irradiation globale horizontale

T Amb : Température ambiante

G lobInc : Global incident plan capteurs

G lobEff : Global effectif, pour ombrage

Earray : énergie effective sortie champ

EGrid : énergie injectée dans le réseau

EffArrR : Effic.Eout champ/surf Brute

EffSysR : Effic système, surf brute.

D'après résultat (tableau III.3) on voit bien que l'énergie produite par le champ photovoltaïque (E_{array} illustré tableau III.2) est proportionnelle aux valeurs d'énergie incident (G_{lobInc}). la production de système (à la sortie de l'onduleur) est représenté sur la figure (III.5). Les pertes L_c et L_s sont les pertes correspondante au champ PV et due à l'onduleur, respectivement.

PVSYST V6.40		12/04/17 22h35	
Caractéristiques d'un module PV			
Fabricant, modèle :		Poly 285 Wp 72 cells	
Disponibilité :		Prod. depuis 2015	
Source des données :		Tvoical	
Puissance STC (fabricant)	Pnom 285 Wp	Technologie	Si-poly
Dimensions module (L x H)	1.992 x 1.956 m ²	Surface brute module	Smodule 1.94 m ²
Nombre de cellules	1 x 72	Surf. sensible (cellules)	Scellules 1.75 m ²
Spécifications pour le modèle (fabricant ou données mesurées)			
Température de référence	TRef 25 °C	Irradiance de référence	GRef 1000 W/m ²
Tension de circuit ouvert	Voc 44.9 V	Courant de court-circuit	Isc 8.37 A
Tension au point de puiss. max.	Vmpp 35.4 V	Courant au point de puiss. max.	Impp 8.05 A
=> puissance maximale	Pmpp 285.0 W	Coeff. de temp. sur Isc	muisc 4.2 mA/C
Paramètres du modèle à 1 diode			
Résistance parall.	Rparall 550 ohm	Courant de saturation diode	IqRef 0.273 nA
Résistance série	Rserie 0.38 ohm	Coeff. de tempér. Voc	muVoc -160 mV/C
		Facteur de qualité diode	Gamma 1.01
Coeff. de temp. sur Pmpp spécifié	muPMaxR -0.44 %/C	Coeff. tempér. sur Gamma	muGamma -0.001 1/C
Paramètres de polarisation inverse, pour comportements ombrages partiels ou mismatch			
Caractéristique inverse (noir)	BRev 3.20 mA/V ²	(facteur quadratique par cellule)	
Nbre de diodes by-pass par module	4	Tension des diodes by-pass	-0.7 V
Résultats du modèle pour les conditions standard (STC: T=25°C, G=1000 W/m², AM=1.5)			
Tension au point de puiss. max.	Vmpp 36.4 V	Courant au point de puiss. max.	Impp 7.88 A
Puissance maximale	Pmpp 286.9 Wc	Coeff. de temp. sur puissance	muPmpp -0.43 %/C
Efficacité(/ Surf. module)	Eff mod. 14.8 %	facteur de remplissage	FF 0.763
Efficacité(/ Surf. cellules)	Eff cell. 16.4 %		

Tableau III.4 : Principaux résultats de simulation

D'après les résultats (Tableau III.4), on voit bien que l'énergie produite par le champ PV est proportionnelle aux valeurs d'énergie incidente. La production du système (à la sortie de l'onduleur). Les pertes sont des pertes correspondantes au champ PV et dues à l'onduleur respectivement.

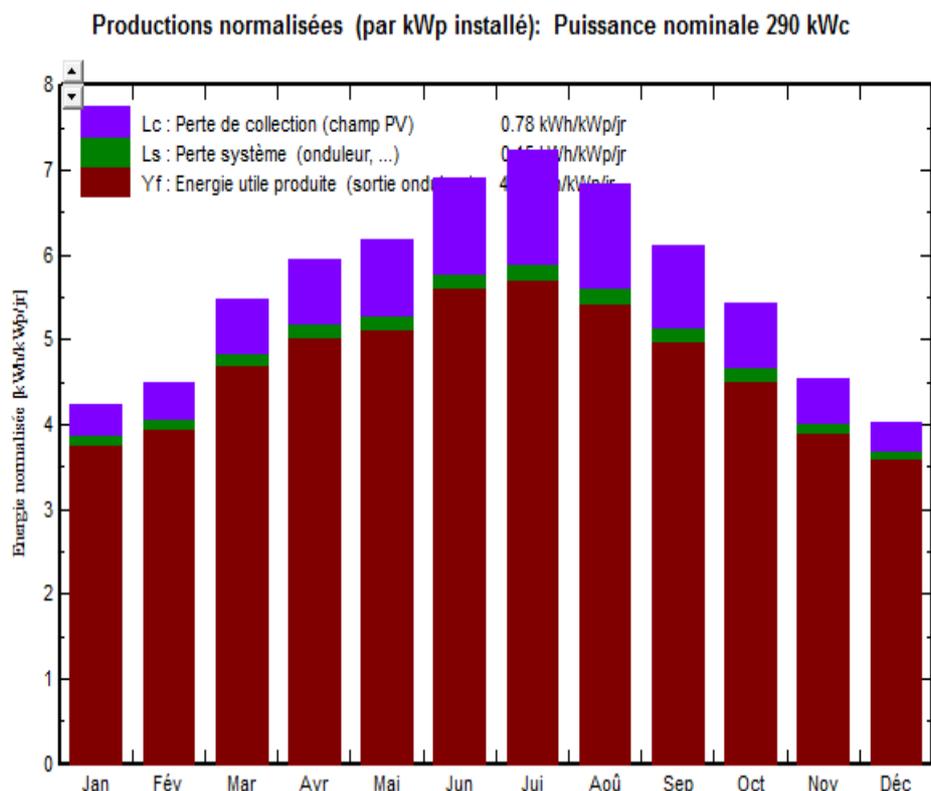


Figure III.15 : Energie utile produite par la centrale PV (à la centrale de l'onduleur).

La figure (III.15) résume les pertes influençant la production du système PV à savoir : les pertes ohmiques du câblage, effets d'incidence, pertes dues à la température du champ, pertes due à la qualité des modules,... etc. Parmi celles-ci, nous remarquons que la contribution la plus importante est celle de l'onduleur, d'où l'importance de prendre en considération l'efficacité de l'onduleur.

La figure représente l'indice de performance qui est défini par le rapport de la production du système par l'énergie incidente de référence. Autrement dit, il représente l'efficacité globale du système par rapport à ce qu'on pourrait en attendre selon la puissance installée et peut atteindre 80% dans les meilleures installations PV

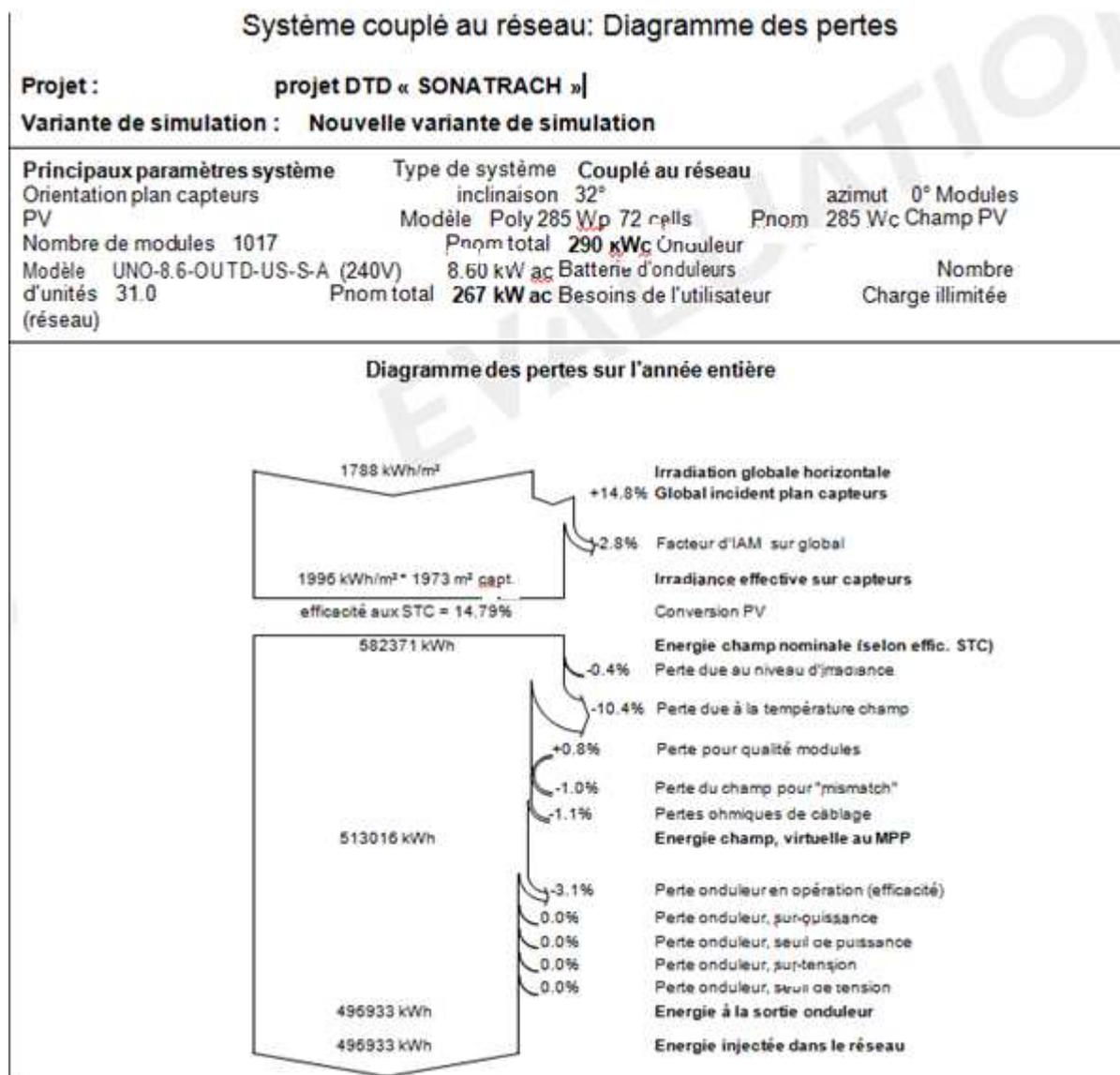


Tableau (III.5) : Diagramme des pertes sur une année.

Pour une étude plus complète, d'autre résultat concernât l'énergie incidente de référence sur le pan des panneaux, la distribution de l'irradiation incidente, distribution de la puissance du champ et le diagramme journalier d'Entrée/ sont représentés respectivement, sur les figures.

L'énergie journalière incidente sur le plan des panneaux est 5.626 KWh/jour (figure) pour un fonctionnement en mode normal.

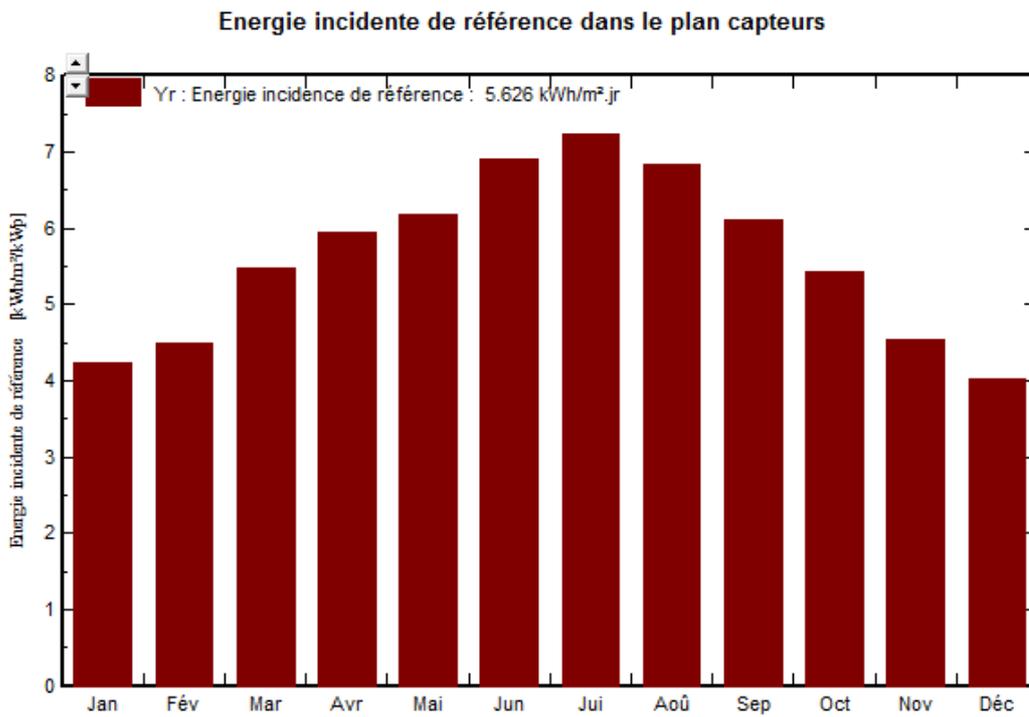


Figure III.16 : Energie incidente de référence sur le plan des panneaux.

La distribution de cette même énergie le long de l'année est illustrée par la figure ci-après.

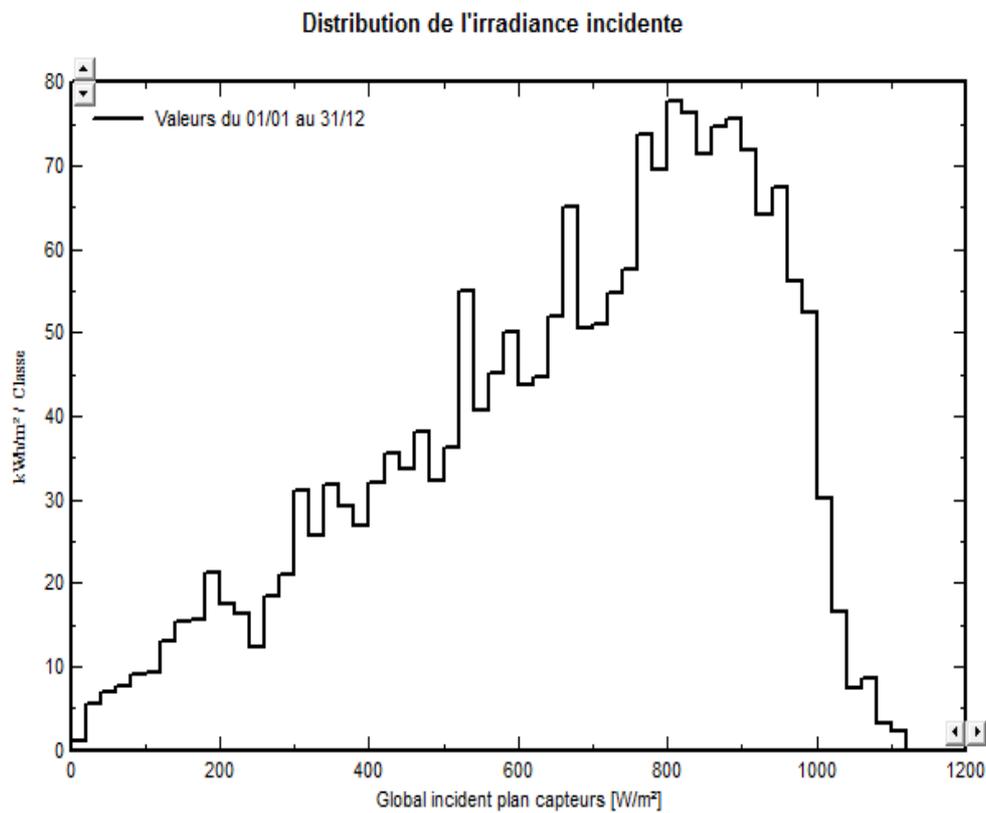


Figure III.17 : Distribution annuelle de l'irradiante incidente.

En composant les deux figures, nous remarquons que la distribution de la puissance en sortie du champ PV varie suivant la même tendance que la distribution du rayonnement incident, à une échelle différente.

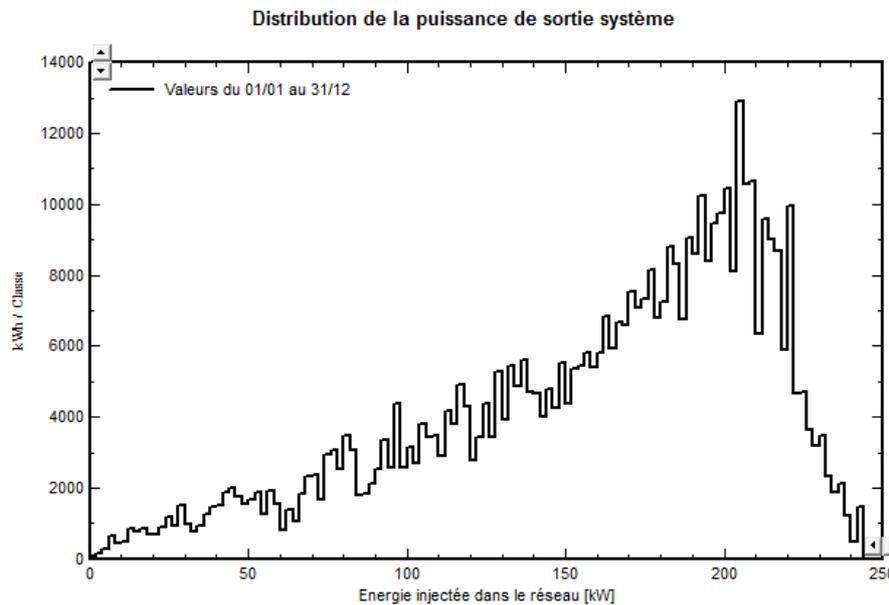


Figure III.18 : Distribution annuelle de la puissance en sortie du champ PV.

En plus des bilans mensuels et annuels, le résultat le plus signifiant est présenté sous forme de diagramme d'Entrée/Sortie reportant, pour chaque période, l'énergie produite en fonction de l'énergie injectée (Figure. (III.19)).

Les points de fonctionnement sont alignés sur une droite, dont la pente est directement liée à l'efficacité du système.

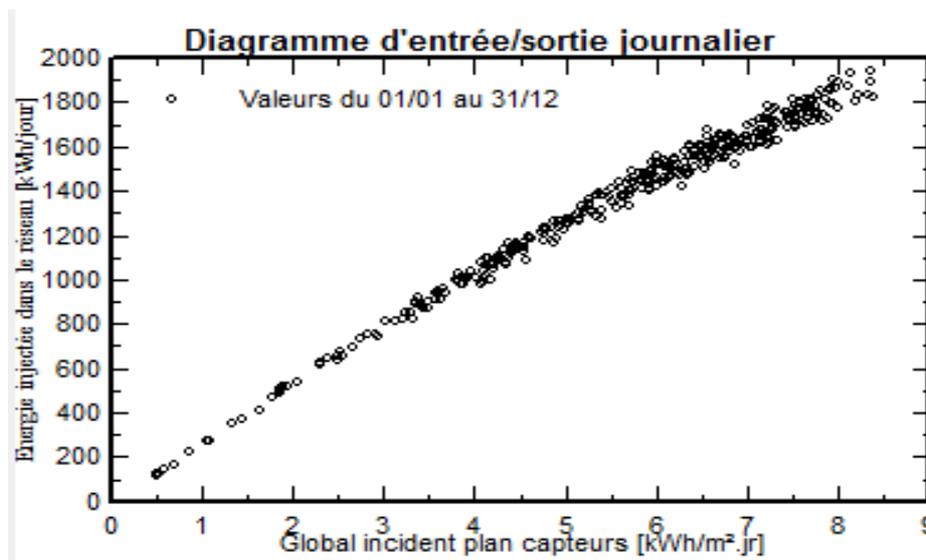


Figure. III.19: Diagramme journalier d'Entrée/Sortie du système PV.

III.9.Conclusion

Suite aux résultats obtenus par simulation numérique, nous pouvons conclure que la centrale PV poly- cristallin permet une production maximale d'énergie.

Les pertes dues à la qualité de l'onduleur ont une influence importante sur l'énergie produite par la centrale PV, d'où la nécessité d'opter pour une technologie permettant la meilleure efficacité annuelle possible de ce composant qui représente l'élément clé et le plus délicat d'une installation PV

IV.1. Introduction

Suite à notre étude du système d'installation d'une chaîne photovoltaïque, il est important d'évaluer le coût annuel total de notre système. Alors, nous procédons à la détermination économique et énergétique du coût global actualisé du kWh fourni. Le prix du kWh produit par cette installation solaire photovoltaïque dépend des coûts fixes à l'investissement initial (achat du matériel et travaux) et surtout de la durée considérée pour l'amortissement de l'investissement (exemple 10 ans).

Le choix technique et économique de l'une des formes des énergies renouvelables est tributaire de la connaissance de plusieurs paramètres à savoir : la puissance électrique requise, et le coût d'investissement.

L'analyse économique préalable de l'une de ces formes d'énergies renouvelables revêt une importance capitale [15].

IV.2. Tableaux de l'étude technico-économique des systèmes PV

Les prix de l'équipement utilisé pour l'étude économique sont obtenus auprès des entreprises fabricantes en ALGERIE : CONDOR et ALGERIA SOLAR COMPANY. Donc on ne prendra plus en TVA, les frais de transport.

Désignation	Caractéristique	Puissance installée	Quantité	Prix unitaire (DZD)	Montant DZD
Module poly cristallin	285 Wc ; 30V	90000	315	26.800,00	8.442.000,00
Supports pour les modules		90000	315	5.000,00	1.575.000,00
Génie-civil (enclos pour les modules)		90000	-	5.000,00	1575000,00
Armoire de commande		90000		30.000,00	30.000,00
Câble et divers		90000		100.000,00	100.00,00
onduleur	90kw	90000	1	2.800.000 ,00	2.800.000,00
Régulateurs	30A/120V	90000	25	9.000,00	225.000,00
batteries		90000	175	18.000,00	3.150.000,00
Coût de fonctionnement annuel (entretien de 4 visites par ans)		90000	315	200.000,00	200.000,00
Coût totale pour SPV1		90000	315		18.097.000,00

Tableau IV.1: Etude technico économique du système PV alimentant le bâtiment laboratoire

Désignation	Caractéristique	Puissance installée	Quantité	Prix unitaire (DZD)	Montant DZD
Module poly cristallin	285 Wc ; 30V	73115	256	26.800,00	8660800,00
Supports pour les modules		73115	256	5000,00	1280000,00
Génie-civil (enclos pour les modules)		73115	-	5.000,00	1280000,00
Armoire de commande		73115	-	30.000,00	30.000,00
Câble et divers		73115		100.000,00	100.000,0
onduleur	75kw	73115	1	2.500.000,00	2.500.000,00
régulateur	30A/120V	73115	24	9.000,00	216.000,00
batteries		73115	142	18.000,00	2.556.000,00
Cout de fonctionnement annuel (entretien de 4 visites par ans)		73115			200.000,00
Cout totale pour SPV2		73115	256		16.822.800,00

Tableau IV.2 : Etude technico économique du système PV alimentant le bâtiment recherche

Désignation	Caractéristique	Puissance installée	Quantité	Prix unitaire (DZD)	Montant DZD
Module poly cristallin	285 Wc ; 30V	39400	138	26.800,00	3698400,00
Supports pour les modules		39400	138	5000,00	690000,00
Génie-civil (enclos pour les modules)		39400	-	5.000,00	690000,00
Armoire de commande		39400	-	30.000,00	30.000,00
Câble et divers		39400	138	100.000,00	100.000,00
onduleur	42kw	39400	1	1.500.000,00	1.500.000,00
régulateur	30A/120V	39400	14	9.000,00	126.000,00
batteries		39400	76	18.000,00	1.368.000,00
Cout de fonctionnement annuel (entretien de 4 visites par ans)		39400			200.000,00
Cout totale pour SPV3		39400	138		8.402.400,00

Tableau IV.3 : Etude technico économique du système PV alimentant le restaurant et la cuisine

Désignation	Caractéristique	Puissance installée	Quantité	Prix unitaire (DZD)	Montant DZD
Module poly cristallin	285 WC ;30V	12000	42	26.800,00	1125600,00
Supports pour les modules		12000	42	5000,00	210000,00
Génie-civil(enclos pour les modules)		12000	-	5.000,00	210000,00
Armoire de commande		12000	-	20.000,00	20.000,00
Câble et divers		12000		90.000,00	90.000,00
onduleur	15kw	12000	1	540.000,00	54.000,00
régulateur	30A/120V	12000	5	9.000,00	45.000,00
batteries		12000	23	18.000,00	414.000,00
Cout de fonctionnement annuel (entretien de 4 visites par ans)		12000			200.000,00
Cout totale pour SPV4		12000	42		2.368.600,00

Tableau IV.4 : Etude technico économique du système PV alimentant l'administration

Désignation	Caractéristique	Puissance installée	Quantité	Prix unitaire (DZD)	Montant DZD
Module poly cristallin	285 Wc ;30V	38450	135	26.800,00	3618000,00
Supports pour les modules		38450	135	5000,00	67500,00
Génie-civil (enclos pour les modules)		38450	-	5.000,00	67500,00
Armoire de commande		38450	-	30.000,00	30.000,00
Câble et divers		38450		100.000,00	100.000,00
onduleur	40kw	38450	1	1.500.000,00	1.500.000,00
régulateur	30A/120V	38450	12	9.000,00	1.080.000,00
batteries		38450	74	18.000,00	1.332.000,00
Cout de fonctionnement annuel (entretien de 4 visites par ans)		38450	-	-	200.000,00
Cout totale pour SPV5		38450	135		7.995.000,00

Tableau IV.5 : Etude technico économique du système PV alimentant le monte-charge

Désignation	Caractéristique	Puissance installée	Quantité	Prix unitaire (DZD)	Montant DZD
Module poly cristallin	285 Wc ; 30V	18000	63	26.800,00	1688400
Supports pour les modules		18000	63	5000,00	315000,00
Génie-civil(enclos pour les modules)		18000	-	5.000,00	315000,00
Armoire de commande		18000	-	20.000,00	20.000,00
Câble et divers		18000	63	90.000,00	90.000,00
onduleur	20kw	18000		1.100.000,00	1.100.000,00
Régulateur	30A/120V	18000	5	9.000,00	45.000,00
batteries		18000	35	18.000,00	630.000,00
Cout de fonctionnement annuel (entretien de 4 visites par ans)		18000			200.000,00
Cout totale pour SPV6		18000			4.403.400,00

Tableau IV.6 : Etude technico économique du système PV station de pompage

MOIS 2015	MONTANT énergie (HT) en DA
JANVIER	563217,3154
FEVERIER	553664,4416
MARS	565658,33
AVRIL	608165,7488
MAI	689022,9666
JUIN	768916,108
JUILLET	876727,9295
AOUT	872214,5972
SEPTEMBRE	834572,8683
OCTOBRE	674112,3526
NOVEMBRE	64537,79
DECEMBRE	331468,5678

Tableau IV.7 : Consommation électrique de la Division Technique Développement.

La moyenne annuelle est d'un montant énergétique de : **6.500.000,00 DZD**

IV.3- Discussion et analyse des résultats du l'installation dimensionnée

Les tableaux montrent que pour une production de 230kW, selon la valeur de consommation relevée à partir du poste MT/BT, notre budget d'investissement est estimé à : **58.089.200,00 DZD**.

Le **tableau (IV.7)** montre la moyenne de la consommation annuelle de la DTD, ce dernier est calculé à partir des factures mensuelles de consommation de l'énergie électrique qui est estimé comme suite :

La moyenne du montant est de: **6 .730. 156 DZD** pendant une année et de: **67.301.560 DZD** pendant 10 ans.

Suite aux résultats trouvés, l'amortissement de l'investissement du projet est estimé de 8 à 10 ans, et la durée de vie des batteries est de 10ans, aussi nous considèrerons ces batteries seront remplacées deux fois pendant la durée de projet.

IV.4. Installation et maintenance

Le montage d'une installation PV ne diffère pas beaucoup de celui électrique traditionnel. Cependant les particularités du courant continu et de la basse tension liées aux grands courants imposent certaines précautions particulières.

Les panneaux solaires devant être montés à l'extérieur, une série de problèmes liés à l'environnement peuvent apparaître: corrosion ou vieillissement en fonction de la salinité, des matériaux et des choix de montage

IV.4.1.Installation mécanique et électrique

Pour le montage des modules, on adoptera un montage sur châssis au sol puisque la surface à mettre en œuvre est importante.

En ce qui concerne l'orientation et l'inclinaison des modules, on aura la situation suivante en fonction de la latitude du site étudié

L'installation des autres composants se fera dans un local bien aéré pour éviter surtout les pertes au niveau des batteries dues à la variation de la température réduisant la capacité de stockage

En ce qui concerne la connexion électrique du système, il faudra connecter, d'abord la batterie aux bornes du régulateur en respectant scrupuleusement la polarité, ensuite l'onduleur à la batterie et en fin le régulateur aux panneaux solaires.

L'onduleur sera mis à la terre ou à la masse selon les normes, pour éviter que la foudre ne se propage dans le câblage et ne détruise les équipements

IV.4.2.Maintenance

Les composants photovoltaïques nécessiteront des opérations de maintenance et surtout des contrôles pour s'assurer du bon fonctionnement du système.

- **Modules**

L'entretien des modules se fera chaque fois pour assurer que rien ne gêne l'arrivée du rayonnement et que l'énergie produite est transmise au régulateur. On fera donc :

- Le nettoyage de la face avant des modules à l'eau claire tous les 3 à 6 mois environ pour enlever les salissures, le sable, les éventuels nids
- Une vérification des supports : surveillance des corrosions éventuelles, serrage des fixations mécaniques
- L'égouttement de la végétation tout autour si elle a poussé
- La vérification des connexions

- **Batteries**

Les opérations de maintenance et les contrôles sur les batteries doivent être effectués avec de l'outillage isolé et en observant les règles de sécurité pour éviter tout court-circuit.

On fera donc des opérations de maintenance et les contrôles suivants :

- La mesure de la tension de chaque élément et report des valeurs dans un tableau.
- Le contrôle de l'aspect : bac normale, non déformé, bornes propres (sinon les nettoyer).
- L'entretien des connexions et nettoyage des contacts
- Le contrôle visuel des niveaux d'électrolyte : ajout de l'eau distillée si nécessaire (il y a deux indicateurs de niveau MAX et MIN)
- La mesure de la densité de l'électrolyte de chaque élément.

- **Régulateurs**

Les régulateurs nécessitent en principe très peu d'entretien.

Les éléments à contrôler sont la fixation du régulateur, le serrage des borniers et la tenue des câbles. Les paramètres de fonctionnement ne doivent pas changer dans le temps, sauf après une surcharge occasionnée, par exemple par un impact de foudre proche du système, dans un tel cas on surveillera que le fonctionnement de fin de charge est correct et que la charge s'arrête

Au vu de ces résultats obtenus, le système PV étudié présente des avantages et des inconvénients, qui sont résumés sur le tableau ci-dessous. Le système photovoltaïque présente un cout d’investissement important, un entretien très réduit et un faible cout d’exploitation. [26]

Ces avantages et inconvénients doivent être pris en considération lorsqu’un investissement est à effectuer. Lors de notre analyse des hypothèses sur certains paramètres pouvant variés dans d’importantes proportions qui ont été apportées. Il s’agit des prix variables en fonction de la qualité et de la quantité du matériel. [28]

	avantages	Inconvénients
Systeme PV	<ul style="list-style-type: none"> • Faible maintenance • Propre • Installation facile • Fiable sur long terme • Faible cout périodique • Système modulable 	<ul style="list-style-type: none"> • Cout important d’investissement • Le rendement baisse en fonction des irradiations • Sensible au taux d’actualisation

Tableau IV.8 : Avantages et inconvénients du système PV.

IV.5. Recommandation- perspectives

Cette production de l’énergie propre, participerait à la protection de l’environnement.

Chacune de ces structures devra utiliser une partie de son budget, évidemment prévu à cet effet, pour le financement de ces projets. Ainsi les factures d’électricité consommée par ces structures étatiques impayées seront prises en compte d’une manière ou d’une autre [27].

Vu l’importance des énergies renouvelables dans le développement socio-économique des populations, la promotion de ces d’énergie est nécessaire. Il parait opportun de formuler les recommandations suivantes :

- Identifier et caractériser tout le potentiel national en source d’énergie renouvelable,
- Promouvoir les projets de mise en exploitation de ces sources renouvelables,
- Généraliser le projet étudié aux autres institutions et structures de l’état,
- Diversifier les sources d’énergie et surtout renouvelable dans la généralisation du projet, c’est –dire utiliser l’énergie éolienne dans les structures située dans la région côtière de pays,
- Remplacer les lampes par des lampes solaires plus économiques du point de vu énergétique.

IV .6. Conclusion

Dans ce chapitre suite aux calculs de dimensionnement nous avons estimé le montant d'investissement global pour la réalisation de notre projet et le temps nécessaire pour l'amortissement. Ces derniers sont jugés raisonnables par rapport au montant des factures établies par le fournisseur de l'énergie électrique SONELGAZ.

Conclusion générale

L'objectif général de notre étude est de produire de l'énergie électrique de manière autonome à la Division Technologie et Développement SONATRACH, Boumerdes à partir de l'énergie solaire en utilisant une installation des systèmes photovoltaïques.

Dans un premier volet, nous avons cité les différentes technologies des cellules solaires. Ensuite, nous avons décrit le fonctionnement des systèmes photovoltaïque en s'étant sur chaque composant du système.

Dans le deuxième volet nous avons identifié tout les équipements de notre installations photovoltaïque. Pour cela, nous avons conçu six (06) configurations distinctes de systèmes PV : le système qui alimente le bâtiment de laboratoire, le système PV qui alimente le bâtiment de recherche, le système PV qui alimente le restaurant et la cuisine, le système PV qui alimente l'administration, le système PV qui alimente les montes charges et le système PV qui alimente la station de pompage, ensuite le seulement des systèmes PV on été dimensionnées. Ainsi Pour permettre une alimentation permanente des récepteurs de charge, un couplage automatique est installé comme un secours réalisé avec un petit automate programmable

Dans le troisième chapitre nous avons dimensionné l'installation de notre système PV. Ensuite, nous avons appliqué une étude par simulation numérique de l'installation PV de puissance 300kw.

Le logiciel de simulation que nous avons utilisé PVSYST répond correctement aux choix des composants constituant notre installation, plusieurs résultats sont obtenus avec meilleures perspectives

En dernier chapitre nous avons établi une étude technico-économique et nous avons constaté que l'installation PV peut être interconnectée au réseau est intéressante de signaler que notre installation devient rentable de vue de l'économie d'énergie qui actuelle très significatif par rapport à la demande publique.

Enfin, en perspectives, nous proposons que notre étude sera compléter par un projet pratique.

Une étude expérimentale est propose pour mettre en œuvre la réalisation de notre projet qui pourra être connecté au réseau électrique publique

Bibliographie

- [1] C.Bernard « station solaire autonome pour l'alimentation station pompage » l'archive ouverte pluridisciplinaire HAL 2006
- [2] A.Hammidat Hadj arab et M.T BOUKADOUM « performance et cout des systèmes de pompage PV en ALGERIE » (2005)
- [3] R –Abdessamed M.Kadjoudj « modélisation des machines électriques »
- [4] B .Equer « le pompage photovoltaïque manuel de cours », énergie solaire photovoltaïque ellipses 1993
- [5]Ch. p. De. Brichabaut, Ch.Yauge « le gisement solaire, évaluation de la ressource énergétique » Technique et documentation Lavoisier 1982
- [6]A.Saadi and A.Moussi « neural network use in MPPT of photovoltaic Pumping system (2003)
- [7]K.Benlarbi"Optimisation Floue, neuronale et neuro-floue d'un systeme de pompage photovoltaïque entraînées par differents machines électrique » These de Magister Université de Batna 2003
- [8]K.Benlarbi, L, Mokrani, M.S .Nait-Said « Afuzzy global efficiency optimization of a photovoltaic water system », Solar Energy 77 -2004-
- [9]Y.Baklli «Etude et dimensionnement d'un convertisseur statique pour la connexion d'un générateur PV » mémoire Magister ,Université de Boumerdes 2005
- [10] J .Royer,T.Djiako, E.SCHILLER «le pompage photovoltaïque» manuel de cour a l'intention des ingénieurs et techniciens bibliothèque national de CANADA 1998
- [11] Projet développer le Bénin à partir des sources renouvelables, rapport final, juillet 2010 PNUD, Ministère de l'énergie et de l'eau Bénin
- [12] Note de cours : Electricité solaire photovoltaïque ,2IE, Zacharie KOALAGA
- [13]Pompage photovoltaïque : : guide à l'intention des ingénieurs et techniciens , Institut de L'énergie et de l'environnement de la francophonie , Université d'OTTAWA
- [14]D .Boukhers « optimisation d'un système d'énergie photovoltaïque application au pompage » mémoire Magister en électrotechnique Université de Constantine 2007
-

Bibliographie

- [15] H.Yotto « Etude et conception d'une mini centrale PV » mémoire fin d'études Master 2 IE Bénin 2011
- [16] K.Amara « contribution a l'étude de conception d'une centrale PV » mémoire Magister université de Tizi ouzou 2015
- [18] H.Abu rub « renewable energy resources curent statuts future prospects » livre PDF [17] MEMOTHECH ELECTROTECHNIQUE 6° EDITION
- [19] A.GHEMOUD « système photovoltaïque et la commande prédictive » FSI, Université de Boumerdes 2016
- [20] T.Markvart ,L. Castaner « photovoltaics fundamentas and applications» ,Preface Guide to usager of handbooks by professional Groups ,2003
- [21] A.Qi «Design and simulation of photovoltaic water pumping system» partial fulfillement of the requirements for the degree of master of science in electrical engineering, faculty of California polytechnic state university 2005
- [22] A .Mabrouk « étude de conception d'une stratégie de commande d'un onduleur connecté au réseau électrique » mémoire de magister en électricité solaire de l'école nationale polytechnique El HARRACH, Alger 2008
- [23] S .Petibon « nouvelles architecteurs distribuées de gestion et de conversion de l'énergie pour les applications photovoltaïques » thèse de doctorat de l'université de toulouse, 2009
- [24] K.Helali « Modélisation d'une cellule photovoltaïque : étude comparative » mémoire de magister, UMMTO, 2012
- [25] B .Chikh –Bled « méthode de dimensionnement optimal d'une installation photovoltaïque » Revue internationale d'héliotechnique, N°41 (2010) 25-30
- [26] M.Nkouimi « outil d'aide au dimensionnement des système photovoltaïques domestiques » mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception, Ecole national superieur polytechnique de Yaoundé 2010
- [27] Y.Tebboub, « étude conceptuelle des systèmes photovoltaïques a double et triple jonction » mémoire de magister, UMMTO 2014
-

Bibliographie

[28] B.coulibaly « analyse et choix du meilleur système photovoltaïque pour la prise en charge d'un groupe frigorigène » 2IE, 2012

[29] C.Bernard « station solaire autonome pour l'alimentation des antennes » l'archive ouverte pluridisciplinaire HAL 2006

.

Annexe

Annexe I : détermination l'inclinaison optimal et l'orientation optimal

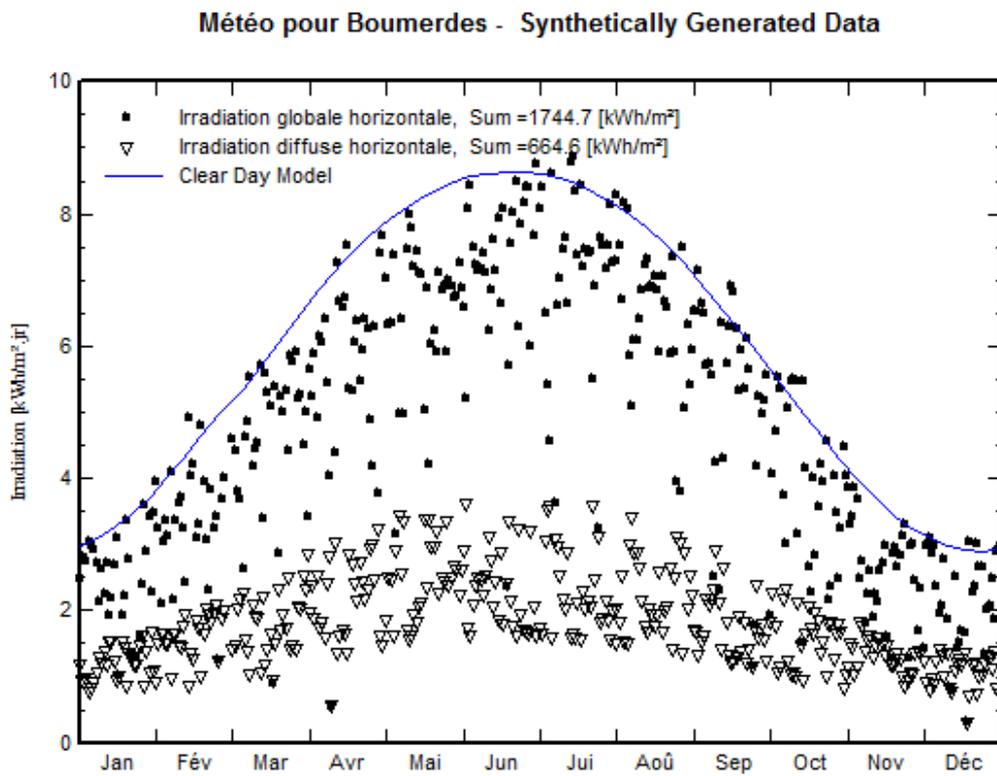
Fixed system: inclination=35°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	3.19	98.9	4.07	126
Feb	3.61	101	4.65	130
Mar	4.40	136	5.82	180
Apr	4.37	131	5.88	176
May	4.54	141	6.17	191
Jun	4.99	150	6.89	207
Jul	5.08	157	7.13	221
Aug	5.03	156	7.11	220
Sep	4.57	137	6.33	190
Oct	4.21	131	5.73	178
Nov	3.24	97.2	4.24	127
Dec	2.99	92.7	3.84	119
Yearly average	4.19	127	5.66	172
Total for year		1530		2070

Annexe II : détermination les cordonnées et caractéristique géographique « BOUMERDES »

The screenshot displays a web-based PV Estimation tool. On the left, a search bar contains 'boumerdes' and a map shows the location in Algeria with coordinates 36.48°N, 3.28°E. The right panel, titled 'Performance of Grid-connected PV', shows the following configuration:

- Radiation database: Climate-SAF PVGIS
- PV technology: Crystalline silicon
- Installed peak PV power: 1 kWp
- Estimated system losses: 14%
- Fixed mounting options: Free-standing
- Slope: 35° (Optimize slope: unchecked)
- Azimuth: 0° (Also optimize azimuth: unchecked)
- Tracking options: Vertical axis (Slope: 0°), Inclined axis (Slope: 0°), 2-axis tracking (all unchecked)
- Horizon file: Aucun fichier choisi
- Output options: (empty)

Annexe III : irradiation pendant l'année



Annexe IV : Les caractéristiques de l'Automate ZELIO

Automate zelio choisi pour notre application :



Les caractéristiques de l'automate :

Alimentation	Entrées Tout Ou Rien	Entrées Mixtes TOR/Analogique	Sorties Tout Ou Rien	Ecran Clavier	Horloge	Langue	Référence
24VDC	10 TOR	6 (0-10V)	10 RELAIS	Oui	Oui	LD/FBD	SR3B261BD
24VDC	10 TOR	6 (0-10V)	10 TOR STATI	Oui	Oui	LD/FBD	SR3B262BD
24VAC	16 TOR	-	10 RELAIS	Oui	Oui	LD/FBD	SR3B261B
100-240VAC	16 TOR	-	10 RELAIS	Oui	Oui	LD/FBD	SR3B261FU
12VDC	10 TOR	6 (0-10V)	10 RELAIS	Oui	Oui	LD/FBD	SR3B261JD

Annexe

ANNEXE V : Cordonnées géographique de la wilaya de Boumerdes

Région	basse Kabylie
Wilaya	Boumerdès
Daïra	Boumerdès
Chef-lieu	Boumerdès
Président de l'APC	vacant FFS 2012-2017
Code postal	35000
Code ONS	3501
Code UNS	3501
Démographie	
Population	41 685 hab. (2008 ¹)
Densité	2 185 hab./km ²
Géographie	
Coordonnées	 36° 46' 00" nord, 3° 28' 00" est
Superficie	19,08 km ²
