REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTER DE DE ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université YAHIA FARES MEDEA
Faculté des Sciences et Technologies
Département de mécanique
Filière : Energie renouvelable en mécanique

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master

Etude d'une installation photovoltaïque pour une habitation domestique

Devant le jury composé de :

Mr. CHIBA.Y	**MCA**	**Président du jury**	**UNIVERSITE DE MEDEA**
Mr. ABUDURA.S	**PR**	**Encadreur/Rapporteur**	**UNIVERSITE DE MEDEA**
Mr. MAKHTICHE.H	**MAA**	**Examinateur**	**UNIVERSITE DE MEDEA**
Mr. REBHI.R	**MCB**	**Examinateur**	**UNIVERSITE DE MEDEA**

Réalisé par :

- **MAHMOUCHE Sid-Ahmed**

- **SELMANI El-Habib**

Encadré par :

- Mr. ABUDURA Salam

Année universitaire 2019-2020

Remerciements

En préambule de ce mémoire je remercie ALLAH
Qui m'a aidé et m'a donnée la patience et le courage durant ces langues années d'étude

J'exprime mes vifs remerciements à notre promoteur Dr ABUDURA Salam, de nous avoir proposé le sujet.

Je tiens à le remercier pour sa Précieuse aide, sa disponibilité et ses précieux conseils pour l'élaboration de ce travail.

Je tiens également à remercier le président et les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en jugeant ce travail.

Mes remerciements vont aussi à tous les enseignants du département de Génie Mécanique de m'avoir suivi le long de notre cursus universitaire

Enfin, je remercie toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin au bon accomplissement de notre travail.

DECICASE

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents, A qui je dois tout notre respect et que je ne remercierais jamais assez pour leurs soutiens;

A Mon frère Kheireddine et ma sœur Amina ;

A Tous ceux qui me sont chers, Ma famille et à mes meilleurs amis

A la mémoire de mon défunt oncle EL-Kolli Ahcen.

A la mémoire de notre défunt ami AMIRAT Nouredine

Puise tous deux reposé en paix

Je voudrais dédier ce modeste travail qui est les fruits de tes longues années de Sacrifices, vous étiez toujours chaleureux, toujours de bonne humeur et prêt à aider toujours souriant et joviale, je vous exprime plus que jamais ma profonde reconnaissance, que Allah vous accueille dans son vaste paradis.

SELMANI

DECICASE

Je dédie ce travail à :

• *Mes chers parents ; Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense Amour que je leurs porte, ni la profonde gratitude que je leurs témoignes pour tous les sacrifices qu'ils n'ont jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être. J'espère avoir répondu aux espoirs qu'ils ont fondé en moi, et que ce modeste travail soit l'exaucement de leurs vœux.*

• *A mes frères.*

• *A tous les membres de ma famille, petits et grands.*

• *A toute mes camarades de classe, et spécialement à la*

Mémoire de notre défunt ami AMIRAT Nouredine.

• *A monsieur KADRI Tawfik que je remercie infiniment pour son aide.*

• *A tous ceux qui me sont chers.*

MAHMOUCHE

RÉSUMÉ

الملخص:

يشكل إنتاج الطاقة تحديا كبيرا مما أدى إلى التفكير والبحث عن طاقات متجددة، فوجد الحل البديل ويتمثل في الطاقة الشمسية الضوئية التي تحول الطاقة الكهروضوئية إلى طاقة كهربائية.

تتعلق دراستنا بالتحليل التقني لنظام كهروضوئي متصل بالشبكة الكهربائية يهدف إلى تغذية مسكن حيث قمنا بإجراء هذه الدراسة وأعددنها عن طريق برنامج محاكاة PVsyst .

الكلمات المفتاحية:

نظام كهرو ضوئي، الطاقة الشمسية، شبكة كهربائية، PVsyst.

Résumé:

La production d'énergie est un défi majeur, qui a conduit à la recherche d'énergies renouvelables et a trouvé que la solution alternative est l'énergie solaire, PV qui convertit l'énergie photovoltaïque en énergie électrique.

Notre étude concerne l'analyse technique d'un système photovoltaïque raccordé au réseau électrique, conçu pour alimenter une habitation domestique à Boughezoul, nous avons réalisé cette étude en utilisant le programme de simulation PVsyst.

Les mots clé ; Système photovoltaïque, énergie solaire, réseau électrique.

Abstract:

Energy production is a major challenge, which has led to thinking and searching for renewable energies. The alternative solution is found in solar photovoltaic energy, which converts photovoltaic energy into electrical energy.

Our study relates to the technical analysis of a grid-connected photovoltaic system aimed at supply a dwelling house at Boughezoul with electricity. We conducted this study and prepared it by means of a PVsyst simulation program.

Key words: Photovoltaic system, solar energy, electric grid, PVsys

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 ……..……. …….…...2

I.2. Energie éolienne.....2

I.3. La géothermie …….…….....…...……2

I.4. Energie de biomasse.....3

I.5 Energie hydraulique.....3

I.6. La pile à combustible.....4

I.6.1 Schéma de principe.....4

I.7. Les énergies marines.....5

I.8. L'énergie solaire photovoltaïque.....5

I.9. Généralités sur l'énergie photovoltaïque.....5

I.9.1. Schéma de principe.....5

I.9.2 Historique de l'énergie photovoltaïque 6

I.9.3 État de l'art des systèmes PV.....6

I.10. Différentes configurations des systèmes PV.....6

I.10.1. Système autonome sans batterie ……..…...…….…7

I.10.2. Système autonome avec batterie……..…….....7

I.10.3. Système fonctionnant au fil du soleil……..……...…8

I.10.4. Système avec appoint électrique……...……..…8

I.11. Rayonnement solaire…….……..…8

I.12.Déclinaison du soleil…….…….……9

I.13. Modèle simplifié de l'éclairement……...……...……9

I.14. Principe de la conversion photovoltaïque……...……...9

I.15. Technologies des cellules photovoltaïques……10

I.16. Avantages et inconvénients de l'énergie ……...…12

I. 17. Conclusion…….……... …...12

Chapitre II :

Dimensionnement de l'installation PV

II.1. Introduction……..... 12

II.2. Objectif général……. .12

II.3. Matériels et méthodes…….....12

II.3.1. Etude technique…….…13

II.3.2. Collecte des données……...…13

II.4. Constitutions du système……. ……. 15

II.4.1. Modules photovoltaïques……. …15

II.4.2. Régulateur de charge et décharge…….....16

II.4.3. Batteries d'accumulation…….....16

II.4.4. Onduleur…….....17

II.4.5. Contrôleur DC/DC…….……17

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 énergétique de l'habitat..... 21

II.9. Conclusion …….....22

Chapitre III :

Simulation numérique et résultats

III.1. Introduction…….....24

III.2- Présentation de logiciel de simulation PVSYST ……...…24

III.3- Gestion d'un projet donne (système raccordé au réseau) ……..……...24

III.4. Conception et dimensionnement du système ……25

III.5- Dimensionnement de système ……...26

III.6. Simulation et rapport…….……27

III.7. Site d'implantation …….……27

III.7.1. Données géographique ……..……28

III.7.2. Données météorologiques……..…29

III.7.3 -Schéma de l'installation PV ……...…….30

III.7.4- Paramètres de simulation ……..……30

Caractéristique du module PV ……... 30

Caractéristique de l'onduleur …….……31

Répartition d'un champ ……..……32

III.7.5. Résultat de simulation ……..……33

III.8. Conclusion …….....41

Chapitre IV :

Etude Technico-économique

IV.1- Introduction …….....42

IV.2- Tableaux Des Etudes Technico-économique des systèmes PV ……...…42

IV.3 Discussion et analyse des résultats du l'installation dimensionnée.....44

IV.4. Bilan carbone.....…45

IV.5. Installation mécanique et électrique …….....46

IV.5.1. Maintenance ……...46

IV.6- Recommandation Perspectives……47

IV .7. Conclusion ……..…48

Conclusion Générale ……....49

Bibliographique

Annexe

FIGURES

Figure I.1 : Schéma synoptique d'une installation photovoltaïque 7

Figure I.2: Réponse spectrale d'une cellule solaire (PV)…….....…8

Figure I.3: Évaluation de rayonnement solaire en fonction de temps…….....9

Figure I.4 : principe de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par cellule Photovoltaïque.....10

Figure II.1 : représentation synoptique de la structure d'un système photovoltaïque avec stockage…….....14

Figure II.2: représentation synoptique de la structure d'un système PV sans stockage…...…14

Figure III.1: Désignation du projet dans PVSYST……...24

Figure III.2 : Configuration du système dans PVSYST……35

Figure III.3 : Conditions de dimensionnement champ/ onduleur dans PVSYST…….….....26

Figure III.4 : Données géographique de Boughezoul……...……27

Figure III.5 : données métrologique..... ……...……28

Figure III.6 : Trajectoire du soleil a Boughezoul.....…...28

Figure III.7 : Orientation des panneaux solaires a Boughezoul.....29

Figure III.8: schéma simplifié d 'une installation solaire pv……...…… ….…30

Figure III.9 : Energie utile produite par l'installation PV 35

Figure III.10: énergie incidente de réferance sur le plan des panneaux…….....38

Figure III.11 : Distribution annuelle de l'irradiante incidente …….....39

Figure III.12 : Distribution annuelle de la puissance en sortie du champ PV ……..…….40

Figure III.13: Diagramme journalier d'Entrée/Sortie du système PV……...……41

Figure IV.1 Digramme résumant le cout de l'installation.....41

Figure IV.2 Figure résumant le bilan carbone.....43

TABLEAUX

Tableau I.1. Rendement énergétique des différents types de cellules photovoltaïques ….....11

Tableau II.1 : caractéristique technique des composants du système PV…….....……... 21

Tableau III.1 : Tableau des données géographique du site de Boughezoul…….....…….....37

Tableau III.2 : Paramètres de simulation de l'installation PV…….....……31

Tableau III.3 : Tableau du Bilan et résultat principaux …….....…...…....…33

Tableau III.4 : Principaux résultats de simulation……...…...……34

Tableau III.5 : Diagramme des pertes sur une année.....…...37

Tableau IV.1 : Tableaux des d'équipements.....40

Tableau IV.2 : Frais (« étude/ 'installation ») et Montant du Project.....41

Tableau IV.3 : Tableau des frais d'étude économique.....42

Tableau IV.4. Avantages et inconvénients du système PV……..……...….....45

Symbole	Désignation	Unité
E c	Energie de consommation journalière de la charge	(Wh/j)
P_{ch}	Puissance crête de la centrale photovoltaïque	(Wc)
G_{in}	Irradiation moyenne mensuelle reçue par le capteur photovoltaïque	(Wh.m-2.jour-1)
E_c	Energie consommée	(Wh)
K	Coefficient correcteur	/
L	Longer d'un seul fils du câbles	(m)
K	Conductivité du fil	(S*m/mm²)
ΔUmax	Chute de tension maximale	(V)
Imax	Courant maximale	(A)
I_b	Courant d'une branche	(A)
P_m	Puissance que peut fournir un module	(W)
N_b	Nombre de branche	/
V_u	La tension d'un panneau photovoltaïque	(V)
I_{ph}	Densité de courant photo-généré	($A{\cdot}m^{-2}$)
I_{Obsc}	Densité de courant d'obscurité.	($A{\cdot}m^{-2}$)
VcoNs	La somme des tensions en circuit ouvert de Ns cellules en série	(V)
Icc Ns	Courant de court-circuit de Ns cellules en série	(A)
Is	Le courant de saturation de la diode	(A)
Q	charge élémentaire	(C)
K	constante de Boltzmann	($J.K^{-1}$)
T	La température	(^oC)
FF	Facteur de forme	/
Icc	Courant de court-circuit	(A)
Vco	Tension de circuit ouvert	(V)
N_{sp}	Nombre de branche (placées en parallèle)	/
N_{ms}	Nombre de modules par branche	/
P_t	La puissance totale disponible, dans ces conditions	(W)

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 **[1], [2].**

De nos jours, une grande partie de la production mondiale d'énergie est assurée à partir des énergies fossiles, la consommation de ces sources donne lieu à des émissions de gaz à effet desserre 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 crise économiques et pétrolières la science s'est intéressée aux ressources dites renouvelables qui constituent un secteur stratégique et occupent une place privilégieras les domaines de recherche et développement **[3], [4].**

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 [**5].**

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 **[6].**

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 à l'étude et le dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour une habitation à Médéa, à savoir les différents éléments constituants le générateur PV (batterie, régulateur, onduleur…).

Dans le troisième chapitre nous consacrons à 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 de notre habitation.

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

CHAPITRE I

Généralités sur énergies renouvelables et Introduction sur l'énergie photovoltaïque

I.1 Introduction :

Les différentes ressources énergétiques permettant de produire de l'électricité par sources d'énergie renouvelables sont:

I.2. Energie éolienne :

Les énergies éoliennes sont notamment caractérisées par des déplacements de masse d'air à l'intérieur de l'atmosphère. C'est l'énergie mécanique de ces déplacements de masse d'air qui est à la base de l'énergie éolienne. L'énergie éolienne consiste ainsi à utiliser cette énergie mécanique par l'intermédiaire d'un rotor et de pales **(**Figure I.1). Cette source est non polluante. Néanmoins l'énergie éolienne est intermittente, et l'installation de parc éolien engendre des impacts paysagés et sonores [**7**].



Figure I.1 : Energie éolienne (Google)

I.3. La géothermie :

Le terme géothermie provient du grec (« Gé ») et (« thermos »), signifiant respectivement : la terre et la chaleur. La géothermie peut se définir comme étant la technique qui consiste à puiser dans le sous-sol ou dans les roches, les calories qui y sont contenues, afin de les rendre disponibles en surface pour des applications de chauffage ou de production d'électricité. Dans des cas particuliers, la géothermie peut consister à injecter de la chaleur dans le sous-sol afin de refroidir les installations de surface. Différentes sources de chaleurs sont à l'origine de la chaleur interne de la terre : la radioactivité, la chaleur initiale, la chaleur de différentiation et les mouvements différentiels ; Par rapport à d'autres énergies renouvelables, la géothermie présente l'avantage de ne pas dépendre des conditions atmosphériques ; c'est donc une énergie fiable et disponible dans le temps. Cependant, il ne s'agit pas d'une énergie entièrement inépuisable dans le sens où un puits verra un jour son réservoir calorifique diminuer. Si les installations géothermiques sont technologiquement au point et que l'énergie qu'elles prélèvent est gratuite, leur coût demeure, dans certains cas très élevé **[8]**

I.4. Energie de biomasse :

La biomasse désigne toute la matière vivante d'origine végétale ou animale de La surface terrestre. Généralement, les dérivés ou déchets sont également classés dans la biomasse. Des différents types sont à considérer : le bois énergie, les biocarburants et le biogaz. Le bois énergie est une ressource très abondante, c'est la ressource la plus utilisée Au monde. Il s'agit aussi d'énergie solaire stockée sous forme organique grâce à la photosynthèse ce qui est bien montré par la (Figure I.2) ; Elle est exploitée par combustion. Cette énergie est renouvelable à condition que les quantités brûlées n'excèdent pas les quantités produites. Le problème plus important est que la biomasse n'est pas inépuisable **[9].**

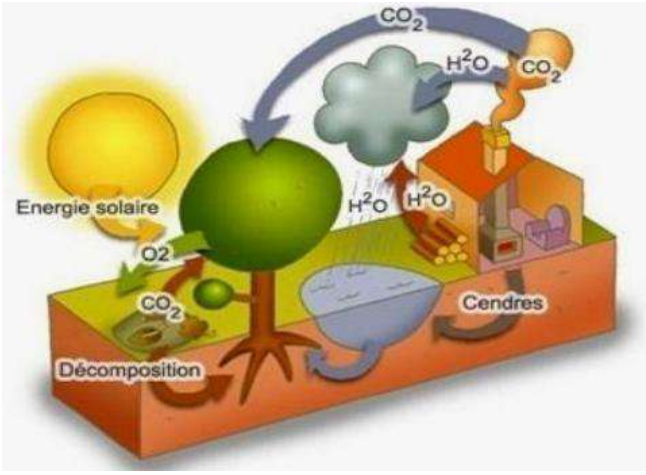


Figure I.2 : Energie de biomasse (Google)

I.5. L'énergie hydraulique :

L'énergie électrique est produite par la transformation de l'énergie cinétique de l'eau en énergie électrique par l'intermédiaire d'un rotor alternateur relié à un ensemble mécanique situé autour de la roue motrice (figure 1.4). La quantité d'énergie extraite de l'eau retenue derrière un barrage dépend du volume d'eau et de la hauteur de chute. Cette source à l'avantage de ne pas être polluante. On peut maitriser le stockage de l'énergie d'une manière assez simple afin de débarrasser les cours d'eau des déchets grâce aux différents filtres des barrages, la technologie nécessaire pour son utilisation est maîtrisée. Le bruit, l'impact sur la vie aquatique, des installations complexées, et des sites limités pour l'exploitation sont ses principaux inconvénients **[10].**



Figure 1.4 : Un moulin à eau (Google)

I.6. la pile à combustible :

Une pile à combustible est un système ou l'énergie chimique d'un composé-stocké de façon indépendante et renouvelable-est convertie directement en énergie électrique (Figure I.5). Ce composé, ou combustible, ne fait pas partie du système [1].



Figure I.5 : Schéma de principe de conversion directe en électricité(Google)

I.7. Schéma de principe

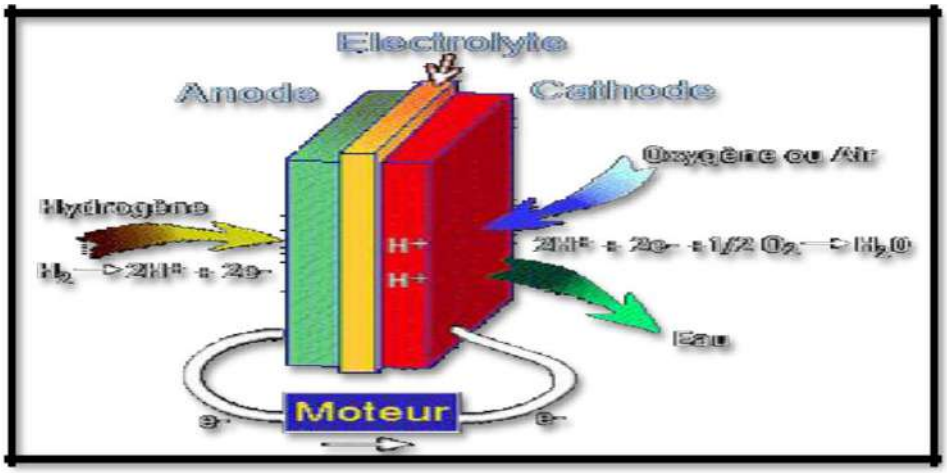


Figure I.6: Schéma de principe de la PAC (Google)

I.7. Les énergies marines :

L'énergie marine ou des mers est extraite du milieu marin. Il y a notamment l'énergie marémotrice (issue du mouvement de l'eau créé par les marées), l'énergie des vagues (utilise la puissance du mouvement des vagues), l'énergie thermique des mers (produite en exploitant la différence de température entre les eaux superficielles et les eaux profondes des océans), les éoliennes offshores, et l'énergie osmotique (diffusion ionique provoquée par l'arrivée d'eau douce dans l'eau salée de la mer). Tout comme les autres sources renouvelables, elle est non polluante lors de la production. On note également que l'énergie potentiellement disponible est énorme et que cette technologie a un bel avenir [3].

I.8. L'énergie solaire photovoltaïque :

L'énergie solaire photovoltaïque fait l'objet d'un grand intérêt ces dernières années.

Photovoltaïque basée sur l'effet photoélectrique. Celui-ci permet de créer un courant électrique continu à partir d'un rayonnement électromagnétique (Figure I.1). Cette ressource a donc l'avantage d'être inépuisable et utilisable en tout point d'un territoire [3].



Figure I.1: Système solaire photovoltaïque (Google)

I.9. Généralités sur l'énergie photovoltaïque

II.9.1 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 et 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].**

II.9.2 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 Chaplin, Pearson 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].**

II.9.3 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].**

Appel Baum 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].**

Ben Larbi 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 garantit L'alimentation de l'onduleur avec les valeurs optimales du courant et de la tension obtenue en agissant sur le rapport cyclique de l'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].**

II.9.4 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.

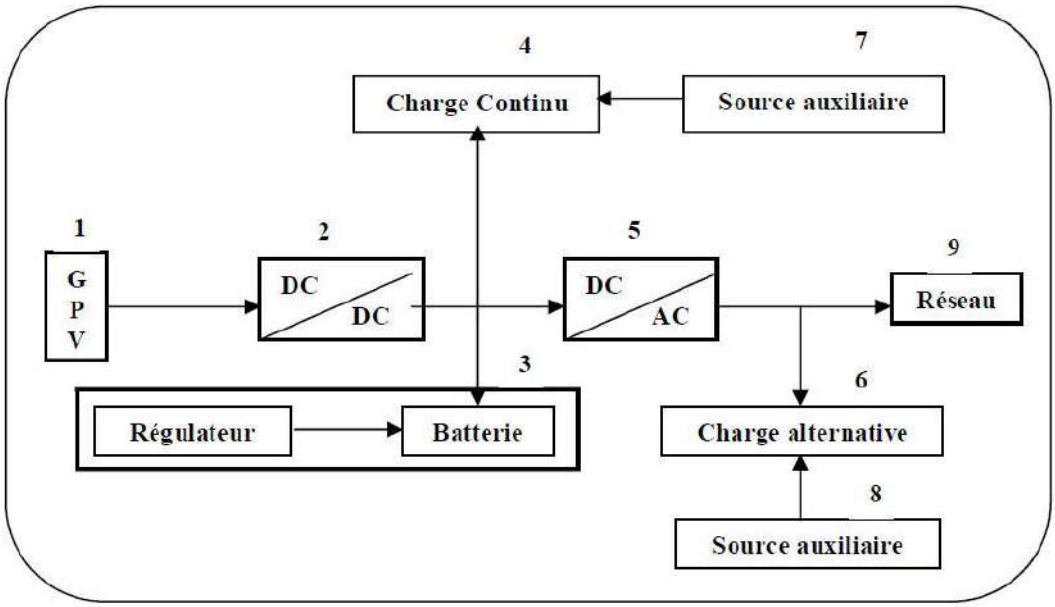


Figure I.1 : Schéma synoptique d'une installation photovoltaïque (Google)

II.10. 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 alimente directement par le GPV, car la production d'énergie est suffisante pour le fonctionnement de la charge **[9].**

II.10.2. 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].**

II.10.3. 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 et de type alternatif, le convertisseur DC/AC est introduit **[9].**

II.10.4. 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].**

II.11. 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 autre 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 µm*, l'énergie associe à ce rayonnement solaire se décompose approximativement comme suit:

- *9 %* dans la bande des ultraviolets (<à *0.4µm*).
- *47 %* dans la bande visibles (*0.4* à *0.8 µm*).
- *44 %* dans la bande des infrarouges (> à *0.8µm*). **[1]**

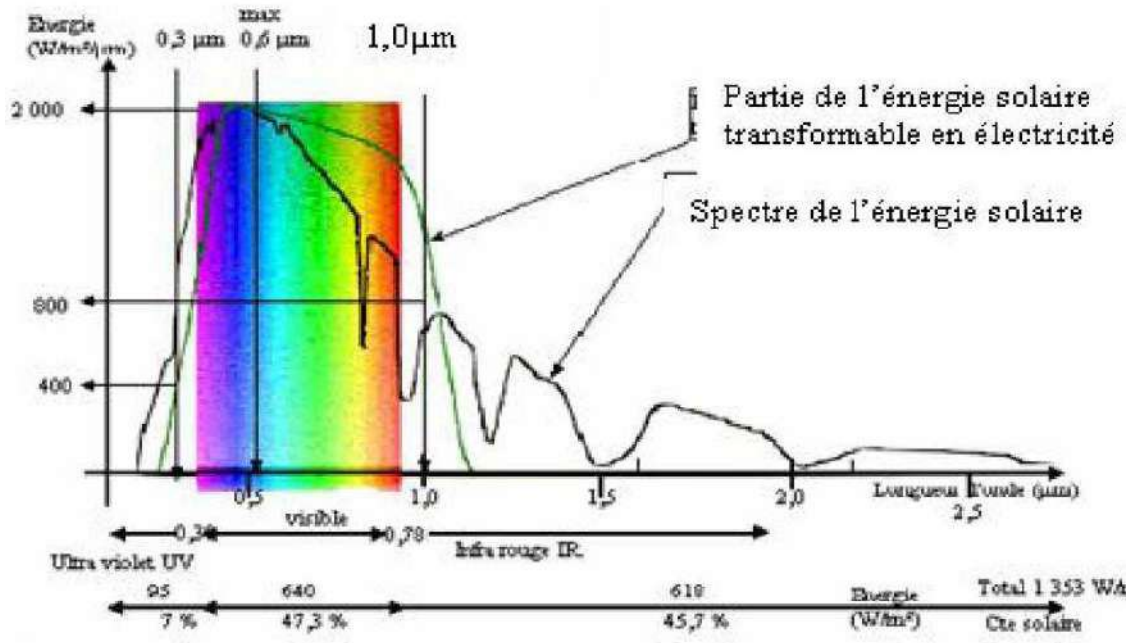


Figure I.2 : Réponse spectrale d'une cellule solaire (PV) (Google)

Au cours de ces dix derniers années ce spectre a été homologués par l'organisation international 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/*.

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

II.12. Déclinaison du soleil

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

I.13. Modèle simplifié de l'éclairement

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

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

E_m : L'éclairement maximal du site (W/m2).

t: Temps solaire en heure (h).

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

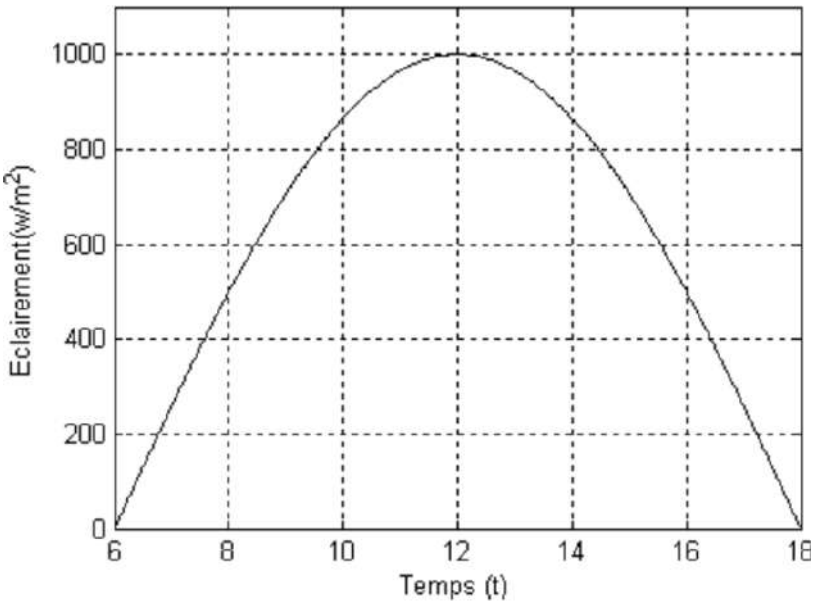


Figure (I-3) : Évaluation de rayonnement solaire en fonction de temps (Google)

II.14. 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.

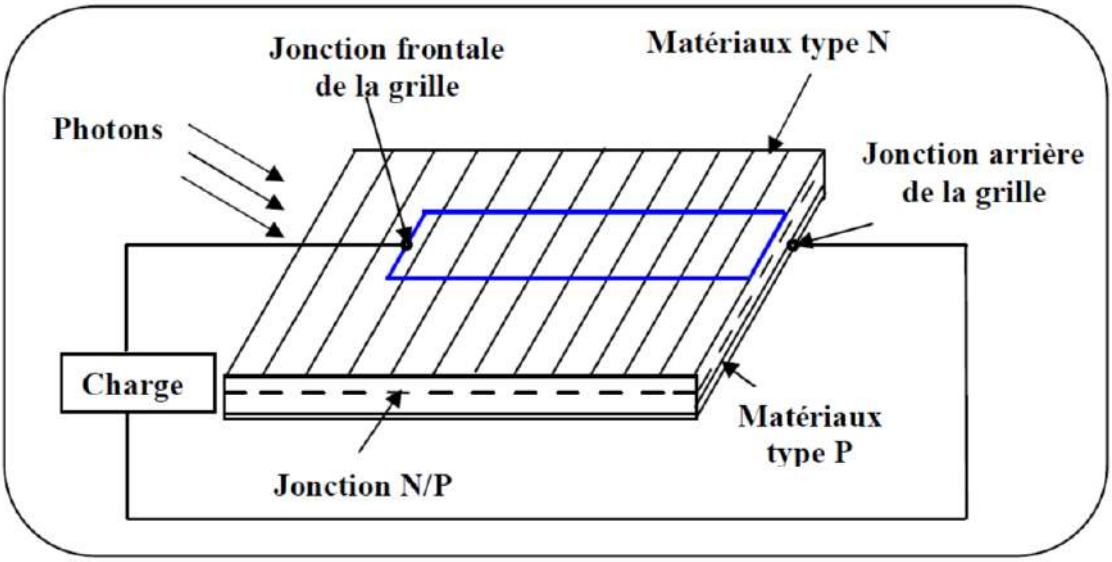


Figure I-4 : principe de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par cellule photovoltaïque

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 connections 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.15. 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(Cdt), Cuivre Indium Sélénium (CIS) et les jonctions à base d'Arséniure de Gallium (Gagas), 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 énergie Revue 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 Gagas	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 Cadmium Cdt	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.16. 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 où à un approvisionnement en carburant.
- Ils peuvent être combinés avec d'autres sources d'énergie pour augmenter la fiabilité de système.
- Ils peuvent résister à des conditions atmosphériques pénibles comme la neige et la glace.
- Ils ne consomment aucun combustible fossile et leur carburant est abondant et libre.
- Une haute fiabilité car l'installation ne comporte pas de pièces mobiles, ce qui la rend particulièrement appropriée aux régions isolées, d'où son utilisation sur les engins spatiaux.
- Le système modulaire de panneaux 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 écologique car le produit et 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 et de l'ordre de 10 à 15 %,
- Ils sont tributaires des conditions météorologiques **[14].**

I.17. 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.

CHAPITRE II

Conception et dimensionnement de l'installation PV

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. Le but général

Il s'agit de produire de l'énergie électrique de manière autonome Dans un habitat 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 l'installation photovoltaïque.
- Faire l'étude économique de faisabilité du projet et étude sommaire d'impact environnemental.

II.3. Equipement et méthode

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 l'installation nécessaire. Enfin, nous ferons une étude technico-économique de faisabilité du projet après analyse de la possibilité de généralisation.

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 l'installation photovoltaïque, nous avons déduit une puissance nécessaire pour les installations électriques pour l'habitat.

Afin de rendre réalisable l'installation photovoltaïque de notre étude, il est préférable de ne prendre en compte qu'une partie de cette installation.
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. Quête des données

Ces données seront utilisées pour le dimensionnement et l'installation du générateur photovoltaïque.
A l'image de toute étude de conception d'un système photovoltaïque, il est primordial de mesurer certaines données du site comme :

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

II.4. Elaboration 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 contint pas des batteries accumulateurs. Nous présenterons donc sur les figures ci-dessus un système avec stockage d'énergie et un système sans stockage.

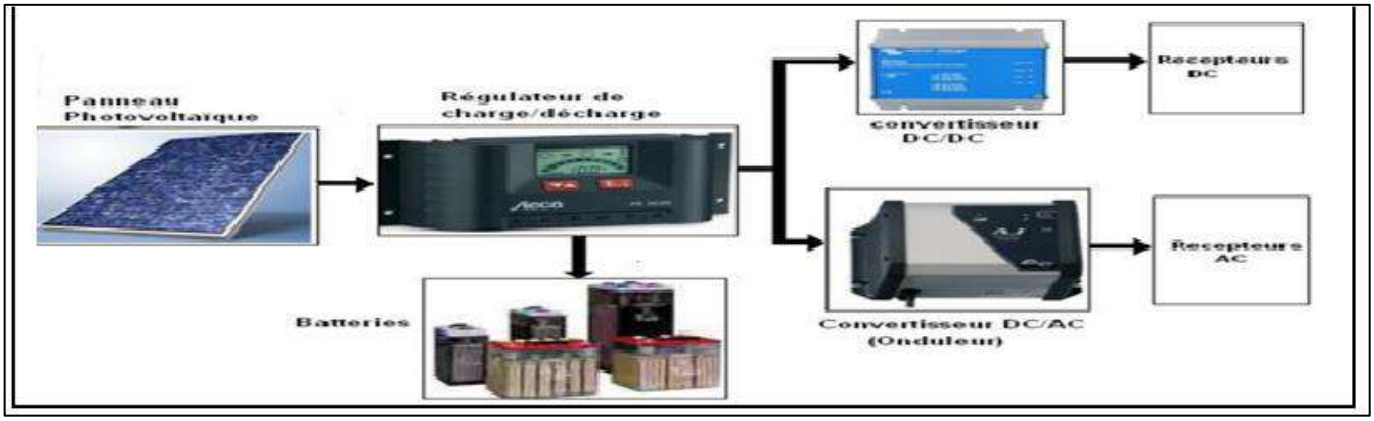


Figure II.1 : représentation synoptique de la structure d'un système photovoltaïque avec stockage (Google)

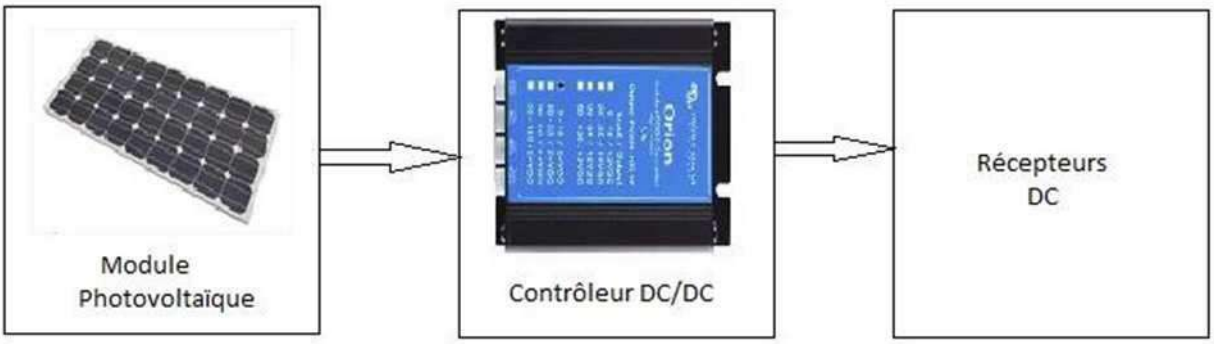


Figure II.2: représentation synoptique de la structure d'un système PV sans stockage (Google)

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, montrable 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.

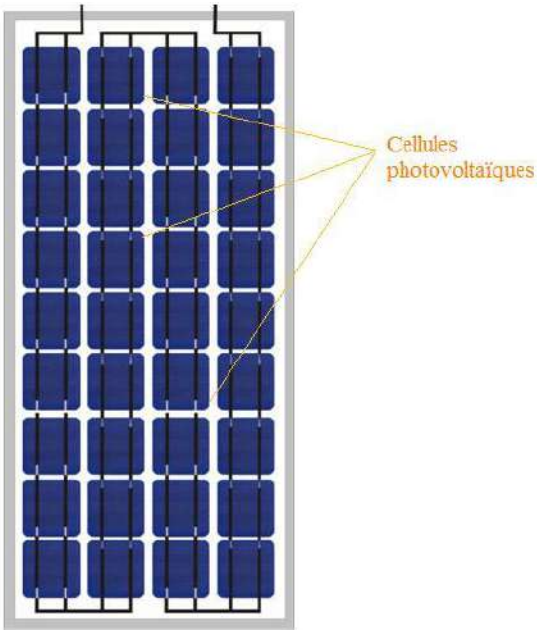


Figure II.2.1: représentation synoptique de la structure d'un module photovoltaïque (Google)

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.



Figure II.2.2: représentation synoptique d'un régulateur (Google)

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 a 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 apparaitre 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 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

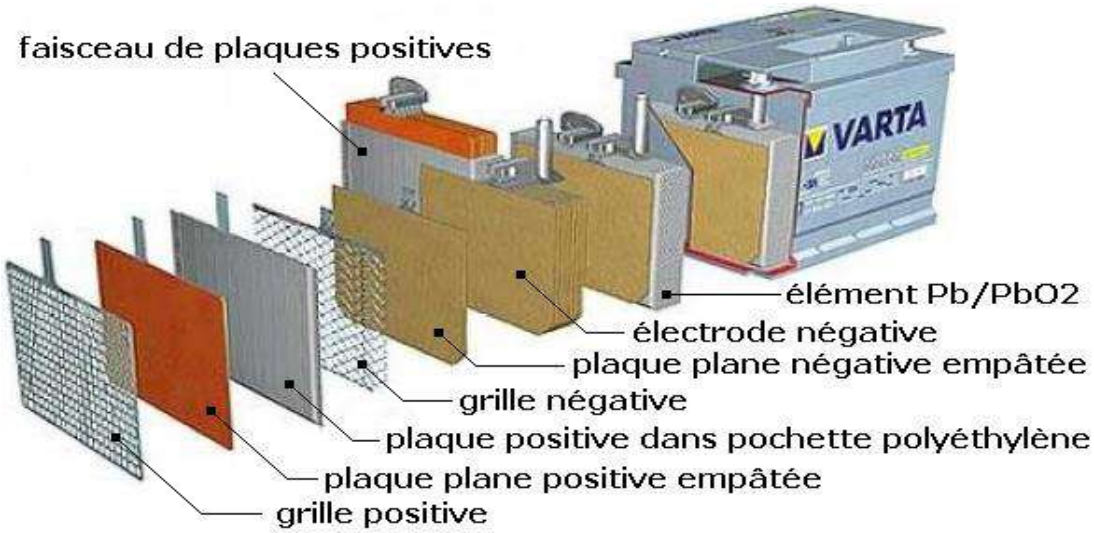


Figure II.2.3: représentation synoptique des composants d'une batterie (Google)

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.



Figure II.2.4: représentation synoptique d'un onduleur de type Phoenix 12/800 (Google)

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 inférieur ou supérieure à celle de l'utilisation, qui doit être alimenté en continu. Il est donc nécessaire pour ces systèmes, 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.



Figure II.2.5: représentation synoptique d'un convertisseur DC/DC (Google)

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 l'installation PV, nous relèverons leur caractéristique 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-là l'installation, 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.

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= Pcc (W) ×Hcc (Heures) 1.2

CA= PcA(W)×HCA(Heures) 1.3

Pcc : puissance consommée en continu
Pca : puissance consommée en alternatif
Hcc : durée de fonctionnement du récepteur CC
Hca : durée de fonctionnement du récepteur CA
Kond : 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

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 :

12Vpour PC<150Wc
24Vpour150Wc<Pc<100Wc
48VpourPc>1000Wc

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

Wc : Watt crête ; Pc : Puissance du champ PV

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

Pc=CJT/K x Ej 1.4

-Ej : Ensoleillement sur le plan des modules en kWh/m² /j
-K= Kp.Kbat.Kreg*Nombre de module
-Nombre de module en série : Ns=Uc/Umod
-Uc : Tension aux bornes de la charge
-Umod : Tension aux bornes d'un module
-Nombre de module en parallèle : N //=Pc/Ns Pond
Pc : puissance du champ PV
-Pmod : puissance sur module

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

Ici, il faut connaitre 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=CTJ x Nj/Ubat K bat dm 1.5

-Nj : nombre de jour d'autonomie
-Ubat : 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)
IB : courant d'emploi du circuit, L : longueur du câble (Km), R : résistance linéique du Conducteur (. /m), UN : 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> PC installée, U reg =U générateur, Entrée admissible> Imax du module, I sortie reg>Pmax/U générateur

**Critères requis pour l'onduleur*

Puissance de l'onduleur est supérieure ou égale à la Puissance des charges, Kond 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.



Figure II.2.6: représentation synoptique de l'équipement utilisé (Google)

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 300 Wc, U nominal= 43V, Rendement = 12.70 %; U opt= 51.20V; I opt= 6.03 A à 25 °C; I nom=6.4A.
Onduleur	Type triphasés, tension d'entrée 60V, tension de sortie 230V , Pnom = 6.5 Kw Rendement Kond =0.95
Régulateur	Tension d'entrée = 60 V, tension de sortie = 230V. Kcontr=0,9
Batterie	Vnom= 2V; Cnom= 3000 Ah, int. Res = 0.2 mOhm

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

II.8. Etude technique et bilan énergétique de l'habitat

ELEMENT	PUISSANCE (W)
14 Lampes	15 chacune
Réfrigérateur	400
2 Télévisions	85
Fer à Repasser	2000
Machine à laver	1500
1 Climatiseurs	3900
2 Ordinateur portable	100
Autre Equipment	2000
Totale	10380

Tableau II.2 : : Puissances actives des équipements de l'habitat

Equipement	Nombre	Puissance unitaire (W)	Puissance (W)	Durée d'utilisation quotidienne en été (h)	Energie en été (Wh)	Durée d'utilisation quotidienne en hiver (h)	Energie en hiver (Wh)
Lampes	12	15	180	7	1170	7	1170
Réfrigérateur	1	400	400	24	3600	24	3600
Télévision	2	85	170	9	1530	9	1530
Machine à laver	1	1500	1500	2	6000	2	6000
Climatiseur	1	3900	3900	5	15600	0	0
Ordinateur	2	100	200	12	2400	11	2200
Fer à Repasser	1	2000	2000	2	4000	2	4000
Totale	20	8000	8350	61	34300	55	18500

Tableau II.3 : Estimation des besoins énergétique journaliers pour notre habitat

L'énergie totale consommée en été est égale à :

$$E=\sum Eete= 34300 \text{ Wh}$$

Et l'énergie totale consommée en hiver est égale à :

$$E=\sum Hiver= 18500 \text{ Wh}$$

II.9. Conclusion :

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

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

Janvier et Février

	Nombre	Puissance	Utilisation	Énergie	Nombre	Puissance	Utilis.	Énergie
Lamps (LED or fluo)	12	15 W/lampe	7 h/jour	1170 Wh/jour	14	15 W/lampe	1365 h/jour	1365 Wh/jour
TV / PC / Mobile	2	85 W/app	9 h/jour	1530 Wh/jour	2	85 W/app	1530 h/jour	1530 Wh/jour
Appareils domestiques	2	2000 W/app	1 h/jour	4000 Wh/jour	2	2000 W/app	4000 h/jour	4000 Wh/jour
Frigo / Congélateur	1		12 Wh/jour	3240 Wh/jour	1		3240 Wh/jour	3240 Wh/jour
Dish- & Cloth-washers	2		2 Wh/jour	6000 Wh/jour	2		6000 Wh/jour	6000 Wh/jour
PC BUREAU / LABTOP	2	100 W tot	12 h/jour	2400 Wh/jour	2	100 W tot	2400 h/jour	2400 Wh/jour
Autres utilisations	2	2000 W tot	1 h/jour	4000 Wh/jour	1	2000 W tot	6000 h/jour	6000 Wh/jour
Consomm. de veille			24 h/jour	120 Wh/jour			120 h/jour	120 Wh/jour
Energie journalière totale				22460 Wh/jour				24655 Wh/jour

Mars et Avril

	Nombre	Puissance	Utilisation	Énergie	Nombre	Puissance	Utilis.	Énergie
Lamps (LED or fluo)	14	15 W/lampe	7 h/jour	1365 Wh/jour	14	15 W/lampe	1365 h/jour	1365 Wh/jour
TV / PC / Mobile	2	85 W/app	9 h/jour	1530 Wh/jour	2	85 W/app	1530 h/jour	1530 Wh/jour
Appareils domestiques	2	2000 W/app	1 h/jour	4000 Wh/jour	2	2000 W/app	4000 h/jour	4000 Wh/jour
Frigo / Congélateur	1		12 Wh/jour	3240 Wh/jour	1		3240 Wh/jour	3240 Wh/jour
Dish- & Cloth-washers	2		2 Wh/jour	6000 Wh/jour	2		6000 Wh/jour	6000 Wh/jour
PC BUREAU / LABTOP	2	100 W tot	12 h/jour	2400 Wh/jour	2	100 W tot	2400 h/jour	2400 Wh/jour
Autres utilisations	1	2000 W tot	4 h/jour	8000 Wh/jour	1	2000 W tot	8000 h/jour	8000 Wh/jour
Consomm. de veille			24 h/jour	120 Wh/jour			120 h/jour	120 Wh/jour
Energie journalière totale				26655 Wh/jour				26655 Wh/jour

Mai et Juin

	Nombre	Puissance	Utilisation	Énergie	Nombre	Puissance	Utilis.	Énergie
Lamps (LED or fluo)	14	15 W/lampe	7 h/jour	1365 Wh/jour	12	15 W/lampe	1170 h/jour	1170 Wh/jour
TV / PC / Mobile	2	85 W/app	10 h/jour	1700 Wh/jour	2	85 W/app	1530 h/jour	1530 Wh/jour
Appareils domestiques	2	2000 W/app	1 h/jour	4000 Wh/jour	2	2000 W/app	4000 h/jour	4000 Wh/jour
Frigo / Congélateur	1		12 Wh/jour	3240 Wh/jour	1		3240 Wh/jour	3240 Wh/jour
Dish- & Cloth-washers	2		2 Wh/jour	6000 Wh/jour	2		6000 Wh/jour	6000 Wh/jour
PC BUREAU / LABTOP	2	100 W tot	11 h/jour	2200 Wh/jour	2	100 W tot	2400 h/jour	2400 Wh/jour
Autres utilisations	1	2000 W tot	5 h/jour	9000 Wh/jour	1	3900 W tot	19500 h/jour	19500 Wh/jour
Consomm. de veille			24 h/jour	120 Wh/jour			120 h/jour	120 Wh/jour
Energie journalière totale				27625 Wh/jour				37960 Wh/jour

Juillet et Août

	Nombre	Puissance	Utilisation	Énergie	Nombre	Puissance	Utilis.	Énergie
Lamps (LED or fluo)	12	15 W/lampe	7 h/jour	1170 Wh/jour	12	15 W/lampe	1170 h/jour	1170 Wh/jour
TV / PC / Mobile	2	85 W/app	9 h/jour	1530 Wh/jour	2	85 W/app	1530 h/jour	1530 Wh/jour
Appareils domestiques	2	2000 W/app	1 h/jour	4000 Wh/jour	2	2000 W/app	4000 h/jour	4000 Wh/jour
Frigo / Congélateur	1		12 Wh/jour	3240 Wh/jour	1		3240 Wh/jour	3240 Wh/jour
Dish- & Cloth-washers	2		2 Wh/jour	6000 Wh/jour	2		6000 Wh/jour	6000 Wh/jour
PC BUREAU / LABTOP	2	100 W tot	12 h/jour	2400 Wh/jour	2	100 W tot	2400 h/jour	2400 Wh/jour
CLIMATISEUR	1	3900 W tot	4 h/jour	15600 Wh/jour	1	3900 W tot	15600 h/jour	15600 Wh/jour
Consomm. de veille			24 h/jour	120 Wh/jour			120 h/jour	120 Wh/jour
Energie journalière totale				34060 Wh/jour				34060 Wh/jour

Septembre et Octobre

	Nombre	Puissance	Utilisation	Énergie	Nombre	Puissance	Utilis.	Énergie
Lamps (LED or fluo)	14	15 W/lampe	7 h/jour	1365 Wh/jour	14	15 W/lampe	1365 h/jour	1365 Wh/jour
TV / PC / Mobile	2	85 W/app	9 h/jour	1530 Wh/jour	2	85 W/app	1530 h/jour	1530 Wh/jour
Appareils domestiques	2	2000 W/app	1 h/jour	4000 Wh/jour	2	2000 W/app	4000 h/jour	4000 Wh/jour
Frigo / Congélateur	1		12 Wh/jour	3240 Wh/jour	1		3240 Wh/jour	3240 Wh/jour
Dish- & Cloth-washers	2		2 Wh/jour	6000 Wh/jour	2		6000 Wh/jour	6000 Wh/jour
PC BUREAU / LABTOP	2	100 W tot	12 h/jour	2400 Wh/jour	2	100 W tot	2400 h/jour	2400 Wh/jour
Autres utilisations	1	2000 W tot	4 h/jour	8000 Wh/jour	1	2000 W tot	10000 h/jour	10000 Wh/jour
Consomm. de veille			24 h/jour	120 Wh/jour			120 h/jour	120 Wh/jour
Energie journalière totale				26655 Wh/jour				28655 Wh/jour

Novembre et Décembre

	Nombre	Puissance	Utilisation	Énergie	Nombre	Puissance	Utilis.	Énergie
Lamps (LED or fluo)	12	15 W/lampe	7 h/jour	1170 Wh/jour	12	15 W/lampe	1170 h/jour	1170 Wh/jour
TV / PC / Mobile	2	85 W/app	9 h/jour	1530 Wh/jour	2	85 W/app	1530 h/jour	1530 Wh/jour
Appareils domestiques	2	2000 W/app	1 h/jour	4000 Wh/jour	2	2000 W/app	4000 h/jour	4000 Wh/jour
Frigo / Congélateur	1		12 Wh/jour	3240 Wh/jour	1		3240 Wh/jour	3240 Wh/jour
Dish- & Cloth-washers	2		2 Wh/jour	6000 Wh/jour	2		6000 Wh/jour	6000 Wh/jour
PC BUREAU / LABTOP	2	100 W tot	12 h/jour	2400 Wh/jour	2	100 W tot	2400 h/jour	2400 Wh/jour
Autres utilisations	1	2000 W tot	1 h/jour	2000 Wh/jour	1	2000 W tot	2000 h/jour	2000 Wh/jour
Consomm. de veille			24 h/jour	120 Wh/jour			120 h/jour	120 Wh/jour
Energie journalière totale				20460 Wh/jour				20460 Wh/jour

Tableau II.4 Tableau de la charge durant les differents mois

Chapitre 3 :

Simulation numérique et résultats

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 constituants un system PV.

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats de simulation d'une installation domestique de puissance 6 KW, en utilisant une technologie de modules au silicium poly cristallin.

III.1. Présentation de logiciel de simulation PVSYST

PVSYST 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. PVSYST permet d'importer des données météo d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données personnelles **[16].**

III.2. Gestion d'un projet

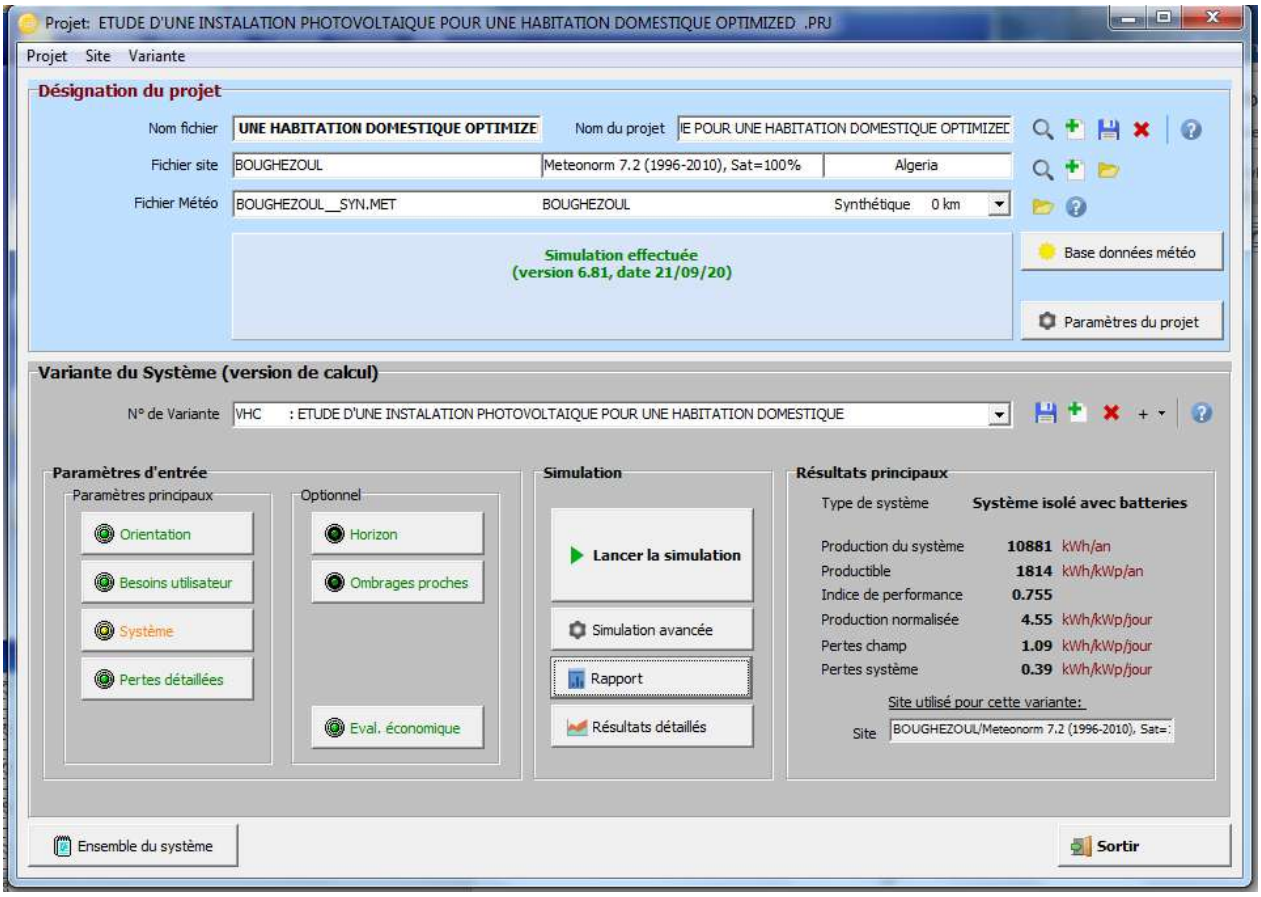


Figure III.1 : Désignation du projet dans PVSYST(PVsyst)

III.3-Conception /Dimensionnement du système

La conception de système est Casée 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 PVsyst propose une configuration de système, qui de réaliser une première simulation /évaluation

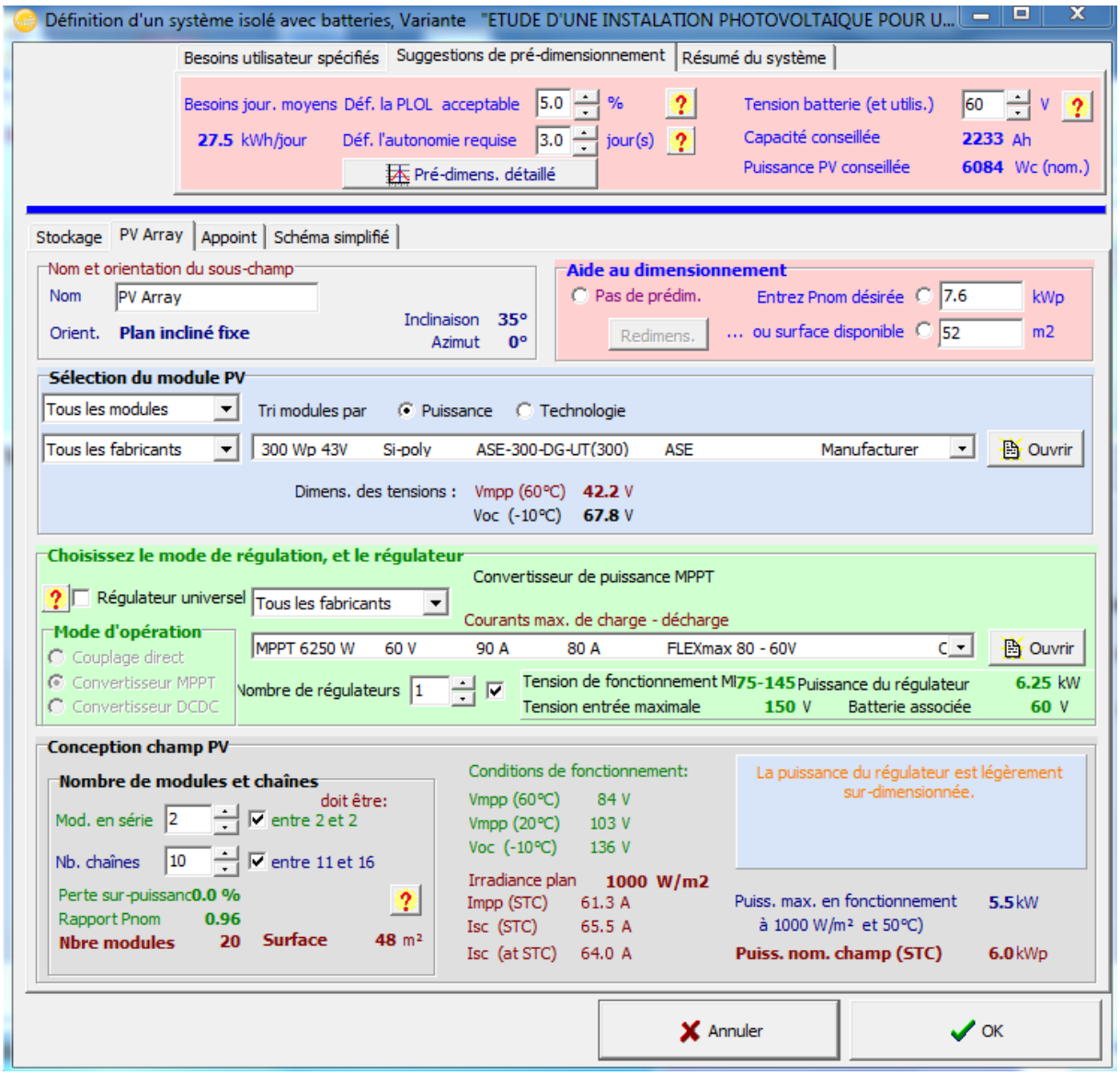


Figure III.2 : Configuration du système dans PVSYST (PVsyst)

III.4. 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].**

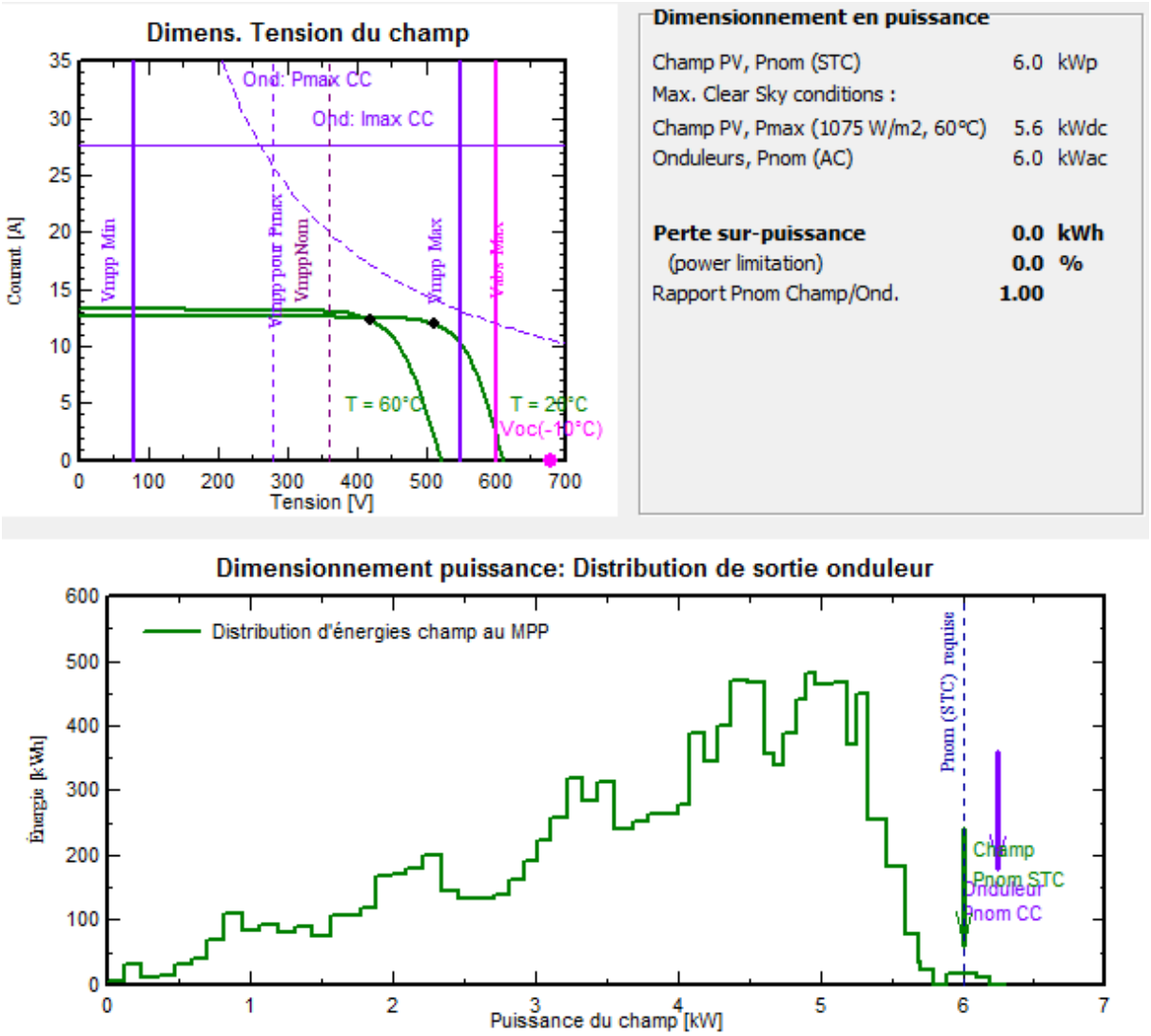


Figure III.3 : Conditions de dimensionnement champ/ onduleur dans PVSYST.

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.5. Simulation et rapport

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

III.6. Site d'implantation

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

III.6.1. Données géographique

Caractéristique	Latitude en degré °	Altitude en m	Longitude en degré °
BOUGHEZOUL	**35.71**	**635**	**2.84**

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

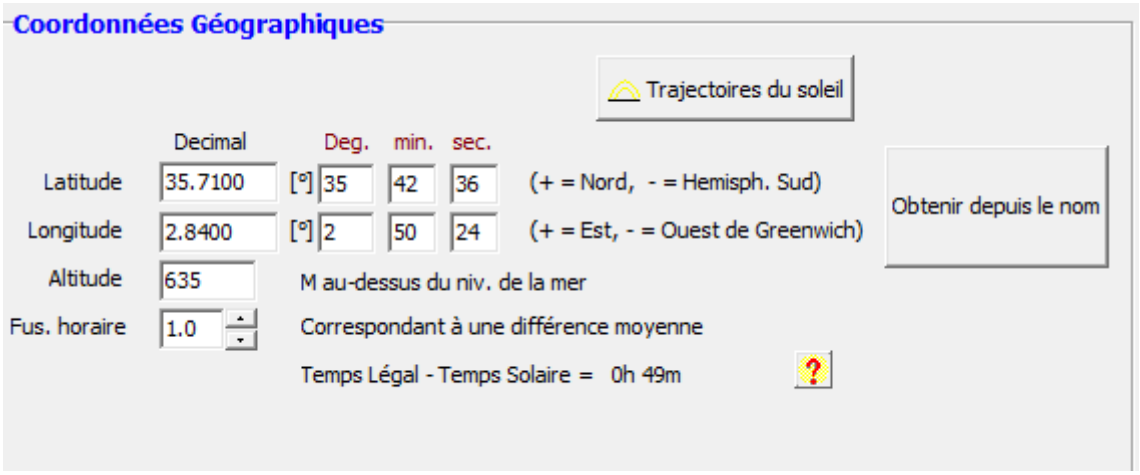


Figure III.4 : Données Géographiques de Boughezoul (PVsyst)

III.6.2. Données météorologiques

Site BOUGHEZOUL (Algérie)

Source des donn Meteonorm 7.2 (1996-2010), Sat=100%

	Irradiation globale horizontale	Irradiation diffuse horizontale	Température	Vitesse du vent	Linke Turbidity	Relative Humidity
	kWh/m².ms	kWh/m².ms	°C	m/s	[-]	%
Janvier	94.6	23.9	9.4	2.29	2.940	72.2
Février	103.7	39.4	10.6	2.60	3.083	66.9
Mars	160.5	46.1	14.1	3.19	3.974	59.2
Avril	182.0	59.3	16.0	3.60	3.598	57.1
Mai	211.8	74.5	21.2	3.70	3.974	52.4
Juin	234.5	67.0	26.9	3.60	3.974	41.7
Juillet	247.4	59.9	30.7	3.11	6.022	37.5
Août	222.3	55.0	29.9	3.10	4.785	39.9
Septembre	165.8	45.5	24.3	3.00	4.042	52.6
Octobre	137.8	40.0	20.8	2.50	3.477	57.7
Novembre	99.1	27.4	13.6	2.40	3.013	67.6
Décembre	80.3	26.6	10.4	2.40	2.940	74.2
Année	**1939.8**	**564.6**	**19.0**	**3.0**	**3.818**	**56.6**
	Coller	Coller	Coller	Coller		

Irradiation globale horizontale variabilité d'une année sur l'autre 4.4%

Figure III.5: Données météorologiques (PVsyst)

Ces données résument les caractéristiques climatiques du site de Boughezoul **[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).

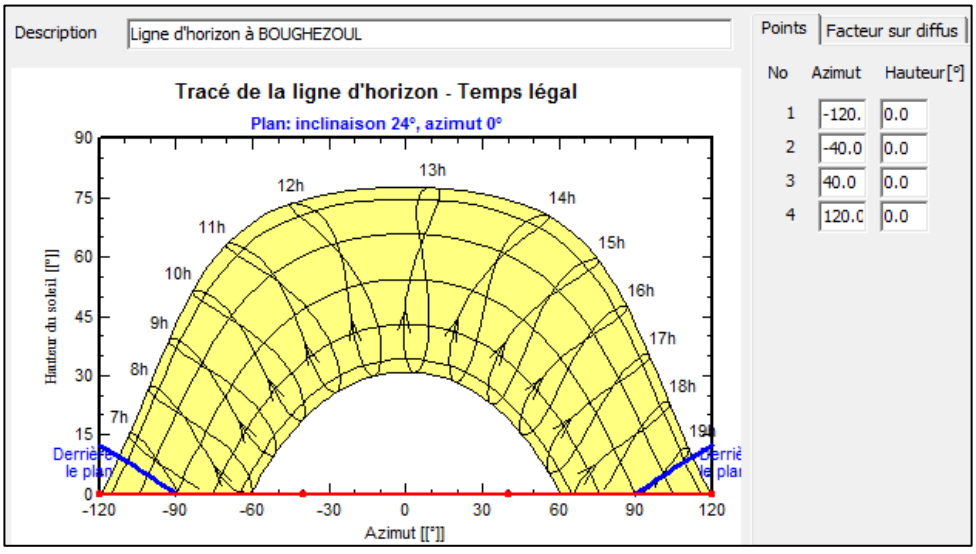


Figure III.6 : Trajectoire du soleil à Boughezoul (PVsyst)

Simulation d'une installation de puissance 6 kW avec le logiciel PVSYST 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 couts 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 26° (par rapport à l'horizontale) comme l'illustre-la Figure, 26° c'est l'inclinaison optimale donnée par le logiciel PVSYST, en dehors de cette dernière le rendement diminue.

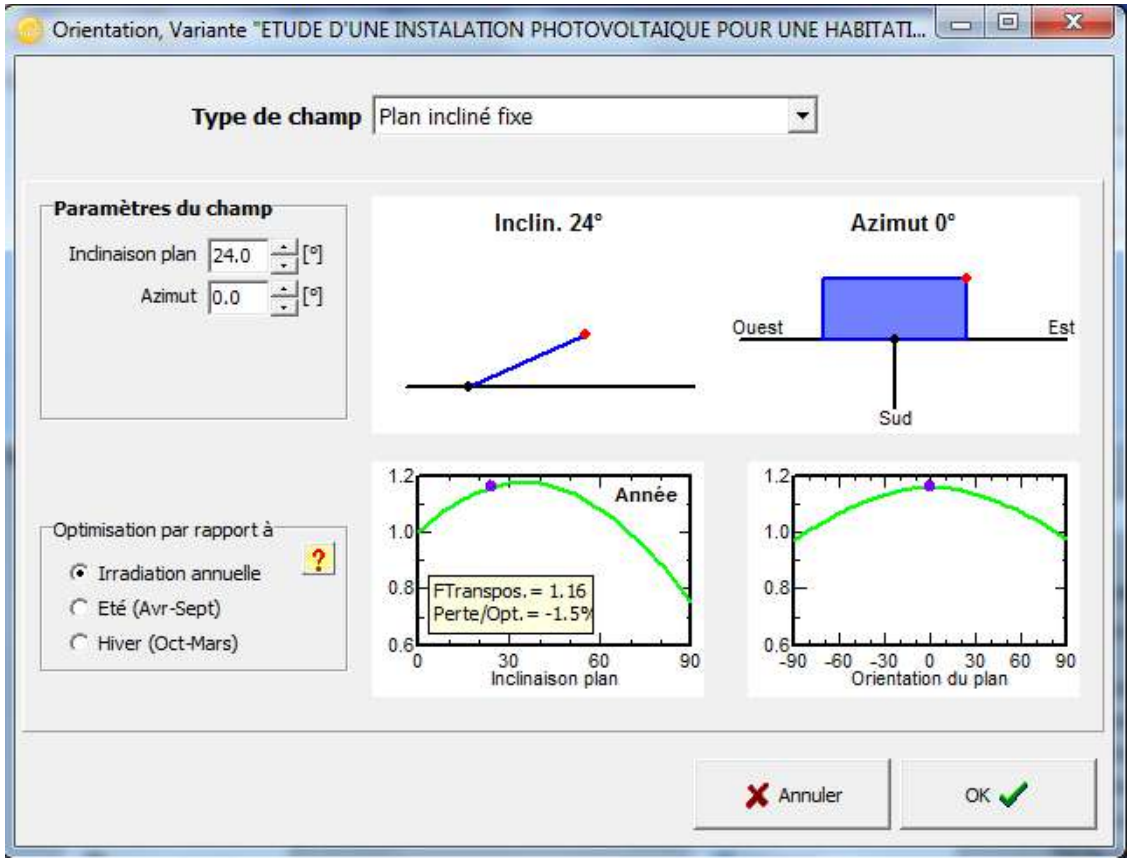


Figure III.7 : Orientation des panneaux solaire à Boughezoul (PVsyst)

III.6.3. Schéma de l'installation PV

La figure représente le schéma de l'installation PV isolé avec batterie

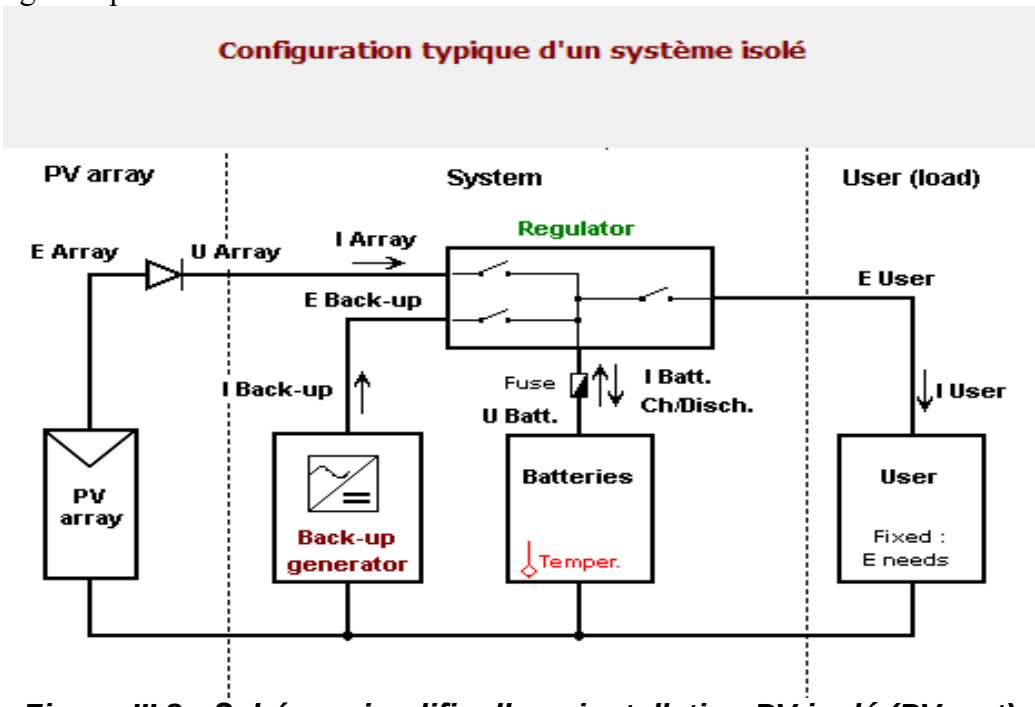


Figure III.8 : Schéma simplifie d'une installation PV isolé (PVsyst)

III.6.4. Paramètres de simulation

Caractéristique du module PV

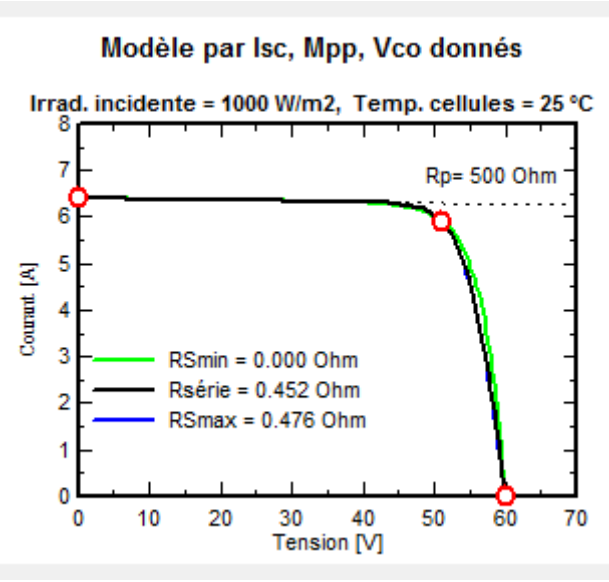


Figure III.8.1 : Graphiques i(v) (PVsyst)

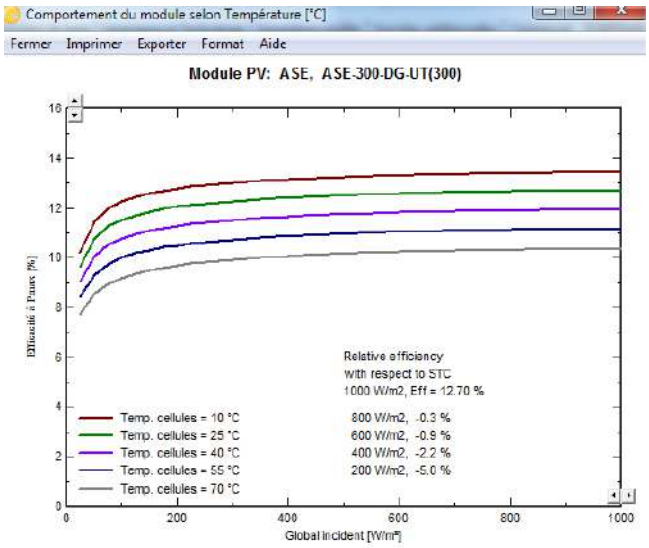


Figure III.8.2 : efficacité des panneaux à différentes températures (PVsyst)

Caractéristique de l'onduleur

- Modèle: P-6000
- Puissance évaluée: 6000W
- Tension de fonctionnement : 75/145v
- Tension max : 150v
- Type : Triphasé
- Fréquence : 50 HZ
- Tension de sortie ca: 220/230/240V
- Tension nominale cc:12V/24V/48V/60V
- Puissance de montée subite: 12000W
- /72V
- Gamme de tension cc: 10 ~ 15V/20 ~ 30V
- Alarme basse tension: 10.4 ~ 11V/20.8 ~ 22V
- Arrêt basse tension: 9.7 ~ 10.3V/19.4 ~ 20.6V
- Arrêt de surtension: 14.5 ~ 15.5V/29 ~ 31V
- Onde de sortie ca: vague modifiée
- Tension de sortie ca: 220/230/240V
- Fréquence de sortie ca: 50HZ/60hz
- Courant à vide: <0,2a
- Efficacité de Conversion:>95%
- Taille: 370*155*135MM
- Poids Net: 6KG



Figure III.8.3 : Onduleur Must P 6000 (Google)

Répartition d'un champ :

Les paramètres de dimensionnement du champ PV pour une puissance limitée de 6 KW sont résumés dans le tableau ci-dessous.

PVSYST V6.81			22/09/20	Page 1/7

Système isolé: Paramètres de simulation

Projet :	**ETUDE D'UNE INSTALATION PHOTOVOLTAIQUE POUR UNE HABITATION DOMESTIQUE OPTIMIZED**			
Site géographique	**BOUGHEZOUL**		Pays	**Algérie**
Situation	Latitude	35.71° N	Longitude	2.84° E
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude	635 m
	Albédo	0.20		
Données météo:	**BOUGHEZOUL**	BOUGHEZOUL - Synthétique		
Variante de simulation :	**ETUDE D'UNE INSTALATION PHOTOVOLTAIQUE POUR UNE HABITATION DOMESTIQUE**			
	Date de la simulation	21/09/20 à 23h42		
Paramètres de simulation	Type de système	**Système isolé avec batteries**		
Orientation plan capteurs	Inclinaison	24°	Azimut	0°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus	Perez, Meteonorm
Besoins de l'utilisateur :	Consomm. domestique	Définitions mensuelles		
	moyenne	27.5 kWh/Jour		

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV Si-poly	Modèle	**ASE-300-DG-UT(300)**		
Base de données PVsyst originale	Fabricant	ASE		
Nombre de modules PV	En série	2 modules	En parallèle	10 chaînes
Nombre total de modules PV	Nbre modules	20	Puissance unitaire	300 Wc
Puissance globale du champ	Nominale (STC)	**6.00 kWc**	Aux cond. de fonct.	5.45 kWc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)	U mpp	89 V	I mpp	61 A
Surface totale	Surface modules	**47.8 m²**	Surface cellule	43.2 m²

Paramètres du système	Type de système	**Système isolé**		
Batterie	Modèle	**EosG 3000**		
	Fabricant	Narada		
Caractéristiques du banc de batteries	Nombre d'unités	30 en série		
	Tension	60 V	Capacité nominale	3000 Ah
	Décharge: min. SOC	20.0 %	Energie stockée	144.3 kWh
	Température	Fixée (25°C)		
Régulateur	Modèle	FLEXmax 80 - 60V		
	Fabricant	Outback		
	Technologie	MPPT converter	Coeff. de temp.	-5.0 mV/°C/elem.
Convertisseur	Efficacité maxi et EURO	97.5 / 96.0 %		
Seuils de régulation batterie	Seuils de commande selon	Battery voltage		
	Charge	66.4 / 63.4 V	Corresp. SOC	0.90 / 0.75
	Décharge	59.7 / 61.8 V	Corresp. SOC	0.20 / 0.45

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (vent)	0.0 W/m²K / m/s
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	25 mOhm	Frac. pertes	1.5 % aux STC
Perte diode série	Chute de tension	0.7 V	Frac. pertes	0.7 % aux STC
Perte de qualité module			Frac. pertes	3.0 %
Perte de "mismatch" modules			Frac. pertes	1.0 % au MPP
Perte de "mismatch" strings			Frac. pertes	0.10 %
Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Param. bo	0.05

TABLEAU III.3 : Paramètres de simulations (PVsyst)

Comme illustré sur le tableau, le champ PV sera constitué de 20 modules PV (technologie poly cristallin) répartis sur une surface de 43.2 m², comme suit :

- 02 modules en série
- 10 modules en parallèle

Le nombre d'onduleur est égal à 1 unités avec une puissance globale de 6 KWc

III.6.5. Résultat de simulation numérique

	GlobHor kWh/m²	GlobEff kWh/m²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac
Janvier	**90.0**	**130.8**	**701**	**0.0**	**0.00**	**696**	**696**	**1.000**
Février	**108.2**	**142.0**	**758**	**0.0**	**0.00**	**690**	**690**	**1.000**
Mars	**155.2**	**182.8**	**969**	**75.5**	**0.00**	**826**	**826**	**1.000**
Avril	**189.8**	**199.5**	**1024**	**134.4**	**0.00**	**800**	**800**	**1.000**
Mai	**223.3**	**215.1**	**1090**	**173.6**	**0.00**	**856**	**856**	**1.000**
Juin	**236.2**	**218.5**	**1069**	**11.1**	**0.00**	**1139**	**1139**	**1.000**
Juillet	**238.5**	**225.4**	**1080**	**0.0**	**0.00**	**1056**	**1056**	**1.000**
Août	**222.9**	**227.8**	**1102**	**0.0**	**0.00**	**1056**	**1056**	**1.000**
Septembre	**169.3**	**191.7**	**956**	**0.0**	**0.00**	**800**	**800**	**1.000**
Octobre	**141.6**	**180.4**	**911**	**30.5**	**0.00**	**888**	**888**	**1.000**
Novembre	**89.3**	**125.5**	**666**	**0.0**	**0.00**	**614**	**614**	**1.000**
Décembre	**71.5**	**103.0**	**555**	**0.0**	**85.50**	**549**	**634**	**0.865**
Année	**1935.8**	**2142.5**	**10881**	**425.2**	**85.50**	**9970**	**10055**	**0.991**

Tableau III.3 : Tableau de Bilan et résultat principaux (PVsyst)

GlobHor : Rayonnement global horizontal : une combinaison du rayonnement diffuse global et du rayonnement direct global pour une surface horizontale.
GlobEff : Le rayonnement effectif sur les collecteurs : le rayonnement restant après les pertes détaillées précédemment, multiplié par la surface PV (la surface du module telle que définie dans le fichier *.PAN).
La conversion PV : le rendement du module aux STC (conditions standards de test).
L'énergie nominale du panneau (au rendement STC) : le rendement de la production PV multiplié par le rayonnement efficace sur les collecteurs.
EArray : Energie effective sortie champ (L'énergie nominale du panneau (au rendement STC) – les pertes de modèle PV et les pertes de champ).

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 (Glob inc).la production de système (à la sortie de l'onduleur) est représenté sur la figure (III.5). Les pertes Lc et Ls sont les pertes correspondantes au champ PV et due à l'onduleur, respectivement.

Caractéristiques d'un module PV

Fabricant, modèle : **ASE, ASE-300-DG-UT(300)**

Disponibilité : Disponible jusqu'à 2003

Source des données : Manufacturer

Puissance STC (fabricant)	**Pnom**	**300**	**Wc**	**Technologie**		**Si-poly**	
Dimensions module (L x H)		1.270 x 1.880	m²	Surface brute module	Smodule	2.39	m²
Nombre de cellules		2 x 108		Surf. sensible (cellules)	Scellules	2.16	m²
Spécifications pour le modèle (fabricant ou données mesurées)							
Température de référence	TRef	25	°C	Irradiance de référence	GRef	1000	W/m²
Tension de circuit ouvert	Vco	60.0	V	Courant de court-circuit	Isc	6.40	A
Tension au point de puiss. max.	Vmpp	51.2	V	Courant au point de puiss. max.	Impp	5.90	A
=> puissance maximale	Pmpp	302.1	W	Coeff. de temp.sur Isc	muIsc	6.1	mA/°C
Paramètres du modèle à 1 diode							
Résistance parall.	Rparall	500	ohm	Courant de saturation diode	IoRef	0.012	nA
Résistance série	Rsérie	0.45	ohm	Coeff. de tempér. Vco	µVco	-225	mV/°C
				Facteur de qualité diode	Gamma	0.80	
Paramètres de polarisation inverse, pour comportements ombrages partiels ou mismatch							
Caractéristique inverse (noir)	BRev	3.20	mA/V²	(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	50.3	V	Courant au point de puiss. max.	Impp	6.03	A
Puissance maximale	Pmpp	303.2	Wc	Coeff. de temp. sur puissance	muPmpp	-0.39	%/°C
Efficacité(/ Surf. module)	Eff_mod.	12.7	%	Facteur de remplissage	FF	0.790	
Efficacité(/ Surf. cellules)	Eff_cell.	14.0	%				

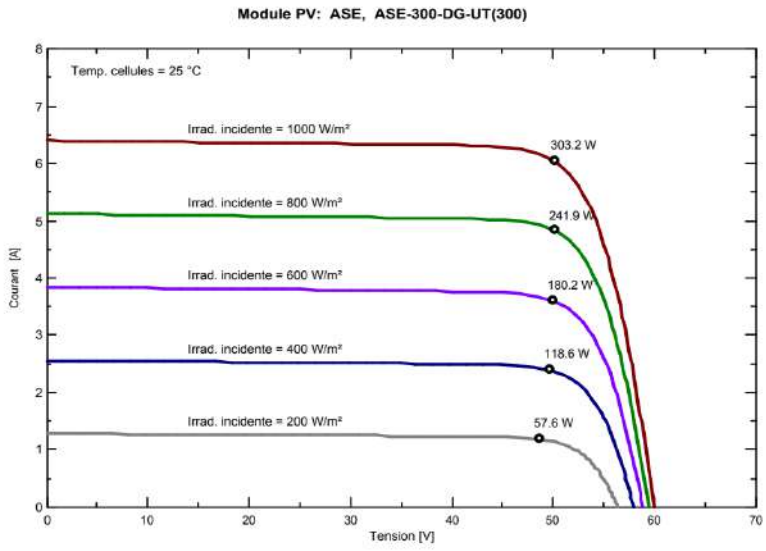


Tableau III.4 : Principaux résultats de simulation (PVsyst)

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.

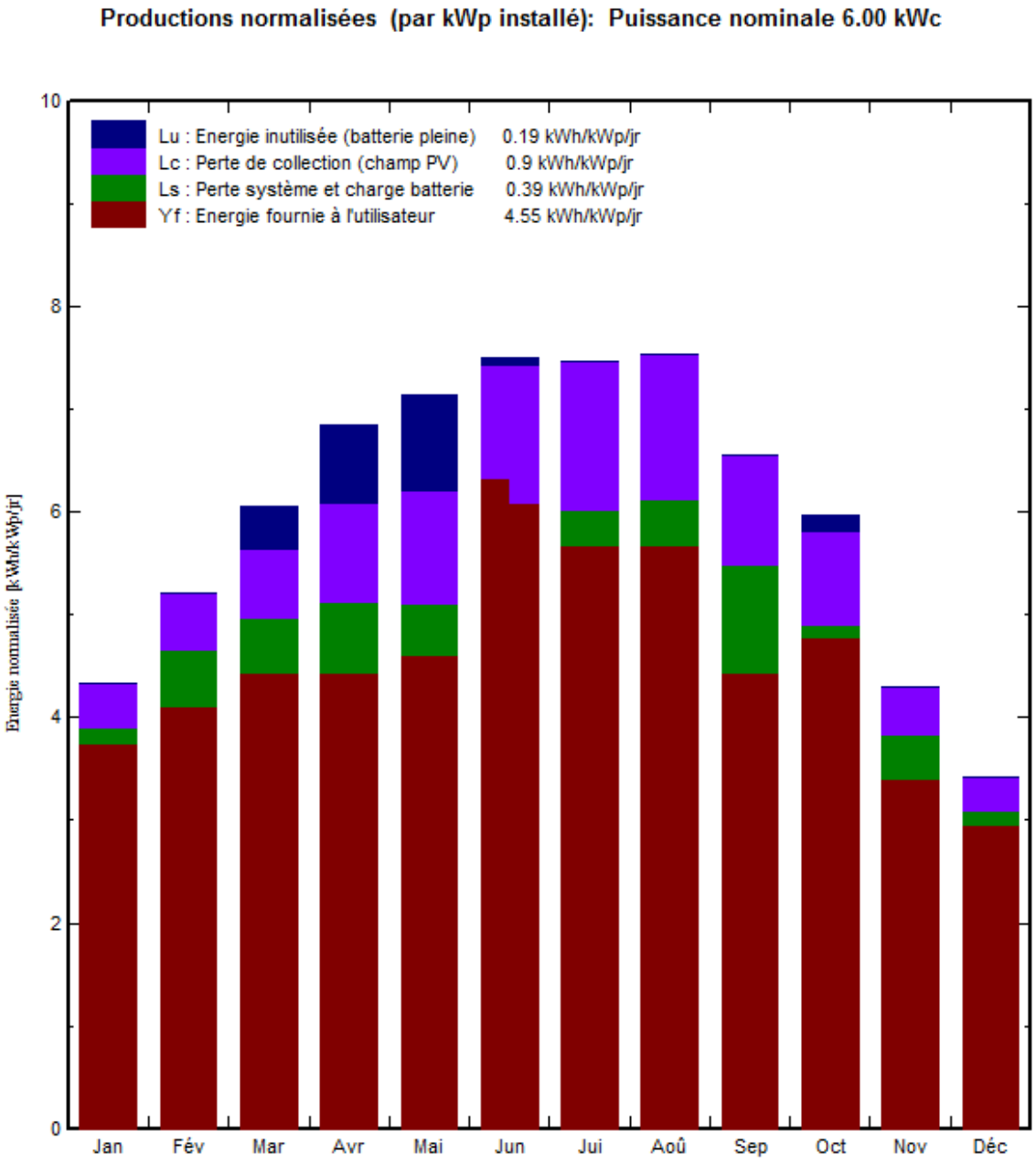


Figure III.9 : Energie utile produite par* l'installation *PV (PVsyst)

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.

Indice de performance

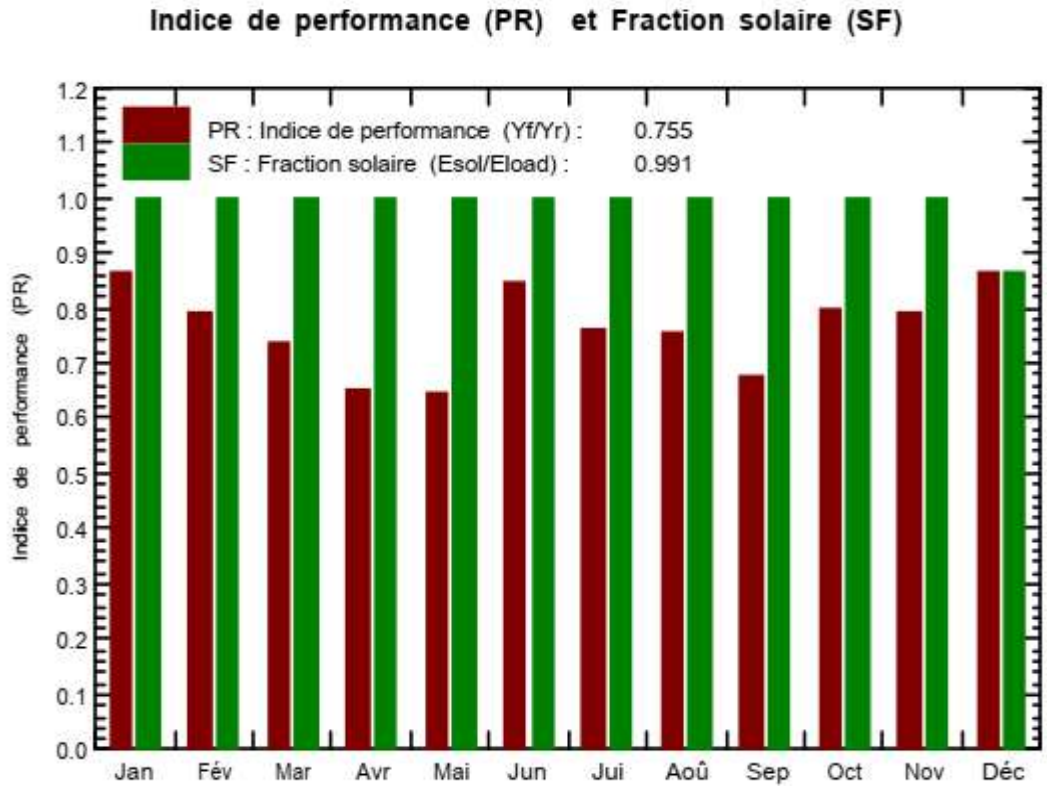


Figure III.9.1 : indice de performance (PVsyst)

La figure (III.18) représente l'indice de performance (Performance Ration) est le rendement de globale du système défini par le rapport de rendement réel du système par le rendement nominal du système tel que :

$$PR = \frac{\textit{rendement réel du système}}{\textit{rendement nominale du système}}$$

Dans ce cas l'indice de performance et : **75.44 % (« 0.7544 »)**

La valeur typique de PR est 0,65 à 0,9 Alors Le système qui a été installé fonctionne Très bien. Autrement les pertes dans le système peuvent être données par la relation suivant :

Facteur des pertes due dans le système peut sont aux (câblage, diodes, Mismatch, non

Suivre du PMM, …. etc.)

$L_f = 1 - PR$ Les pertes de cette système est : 25.66 %

L_f Facteur des pertes due dans le système peut sont aux (câblage, diodes, Mismatch, non suivre du PMM, ….. etc.).

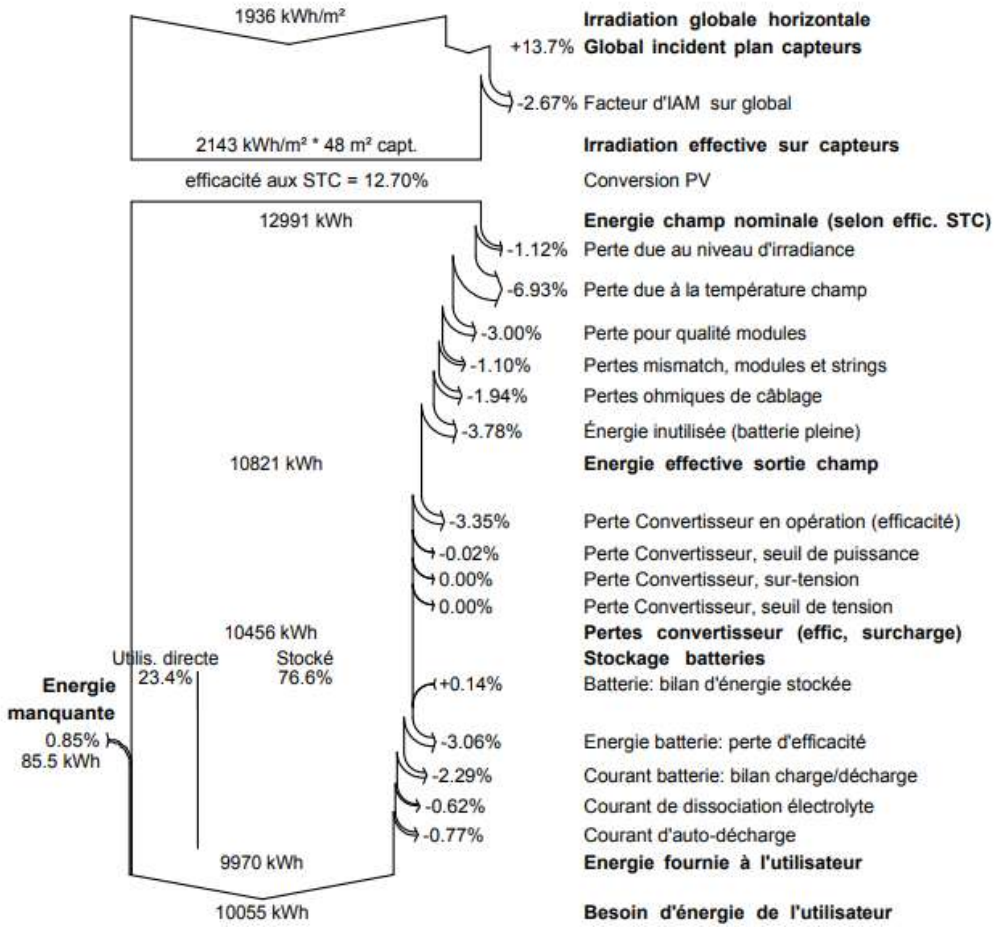


Tableau (III.5) : Diagramme des pertes sur une année (PVsyst)

Le diagramme résume les pertes de la production de système PV à savoir : les pertes ohmiques du câblage, effet d'incidence, pertes dues à la température du champ, pertes du modules,…etc.
En effet, l'énergie produit par le champ PV (énergie sortie du champ) estimée à 10821 KWh et réduire à 10055 KWh à la sortie pour utilisateur.
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 4.55 KWh/jour (figure) pour un fonctionnement en mode normal.
Nous constatons que les pertes induites, sont petites par rapport l'énergie produite du champ qui est de l'ordre de 12991 kWh.

Les pertes les plus marquantes sont :

Perte due a la température du champ qui est de - 6,93 %, cela est due à une irradiation forte qui se traduit par des perte thermique induit par le rayonnement.

L'énergie inutilisée de l'ordre de -3.78 % correspond aux heures creuses où les charges ne consomment pas ou très peu énergie, et aussi due à un excédent de production quand les conditions sont très bonnes et la charge none active.

Les pertes de conversion de l'ordre de -3.39% , Ces les pertes du la conversion de l'énergie solaire en énergie electrique part effet photovoltaïque.

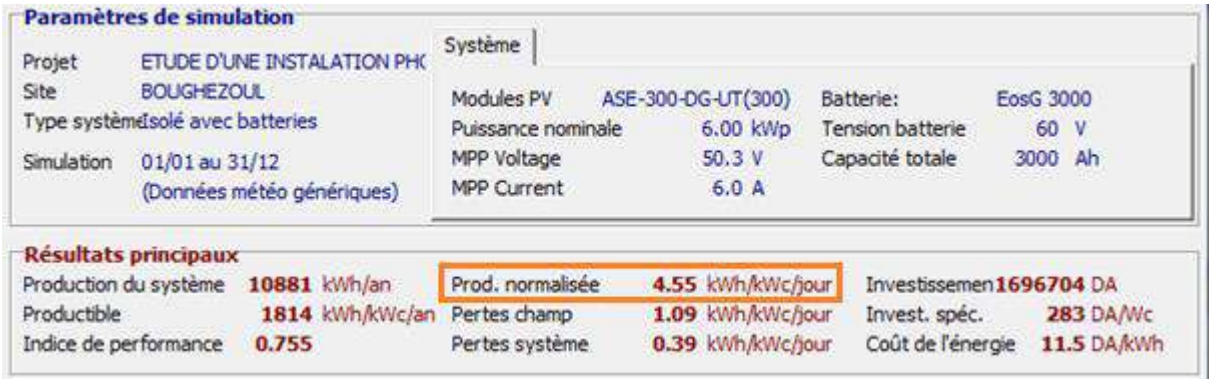


Figure III.9.2 : paramètres de simulations montrant la production journalière (PVsyst)

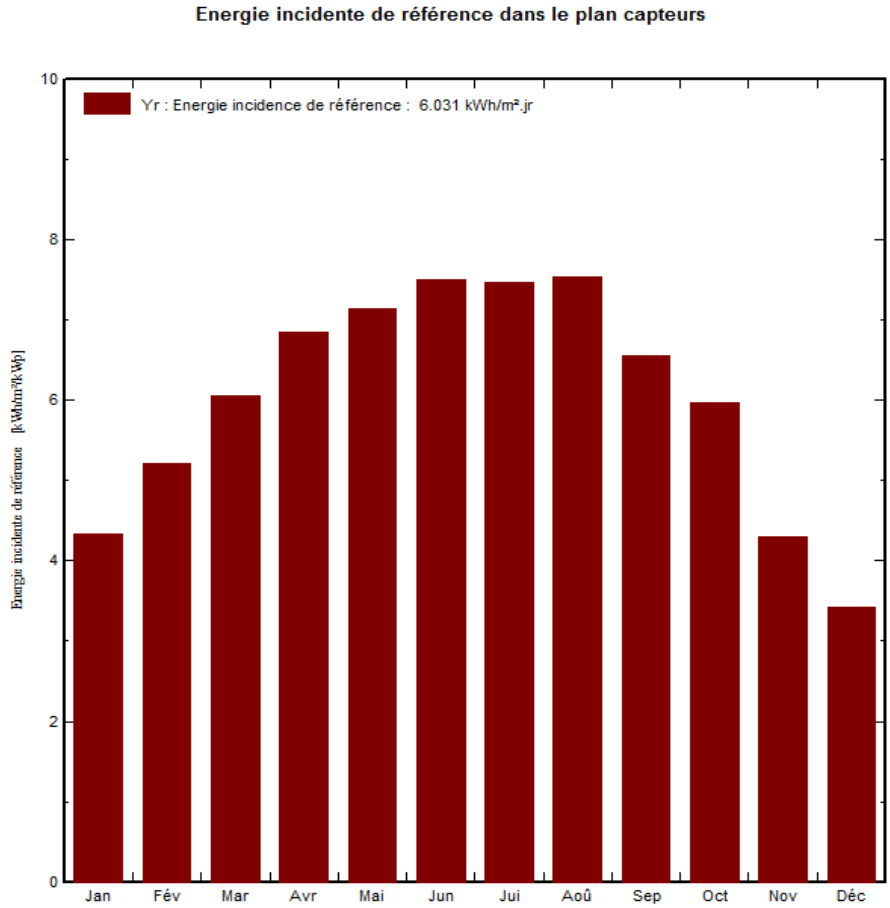


Figure III.10 : Energie incidente de référence sur le plan des panneaux. (PVsyst)

On remarque que le pique de l'énergie incidente ce produit pendant les trois mois d'ete avec une valeur de 7.5 kWh/m2.jr .
On constate que les trois mois les plus productif en terme énergie incidente sont juin, juillet aout, qui représentes la saison estivale (l'été).
On remarque aussi une hausse graduelle de la production du mois de janvier à juin puis une constance dans la production jusqu'à la fin du mois d'aout qui se reflète avec la fin de l'été.

Après ça, on observe une baisse graduelle de la production d'énergie de septembre à décembre, qui équivaut à saison d'automne et début d'hiver.

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

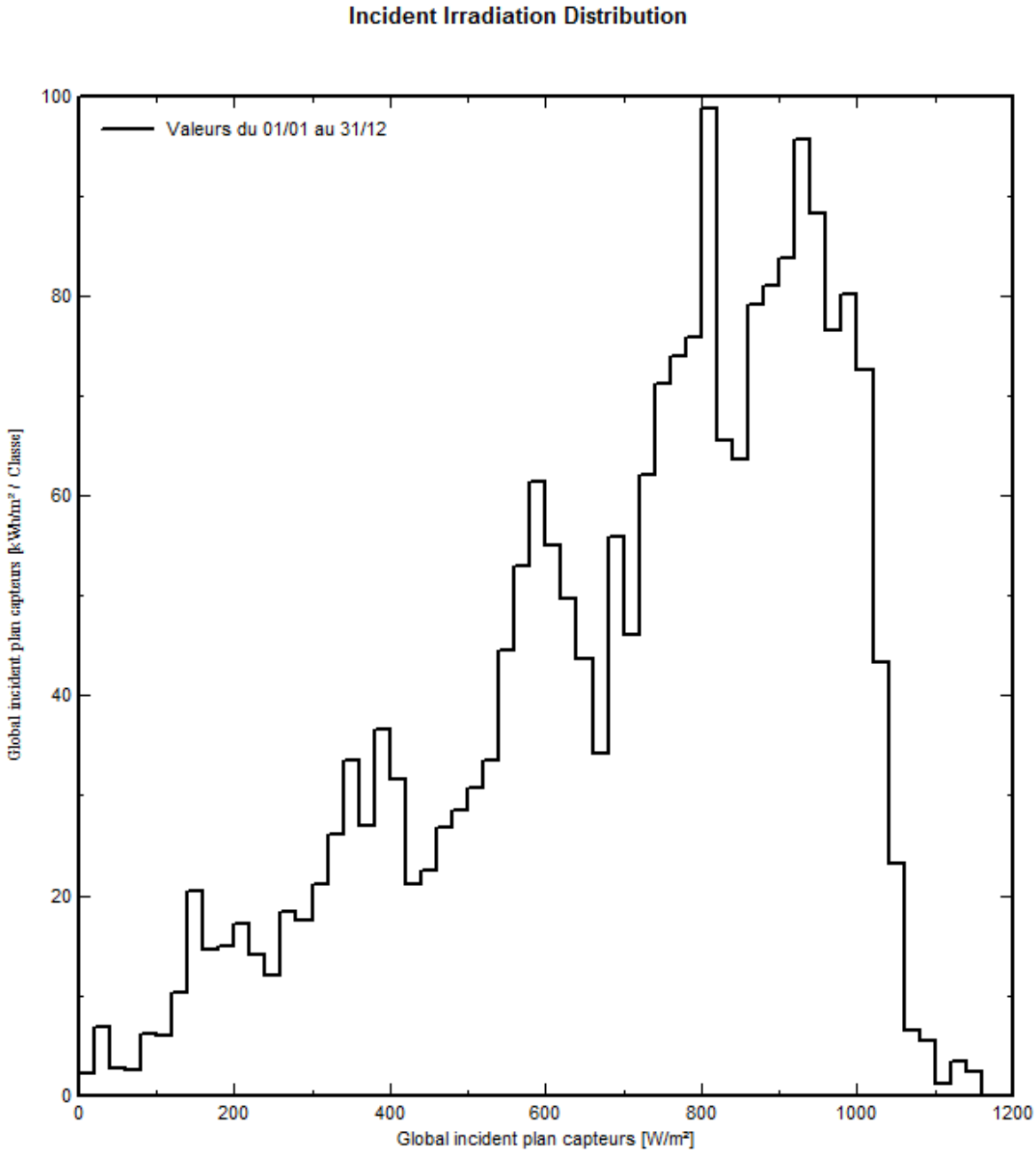


Figure III.11 : Distribution annuelle de l'irradiante incidente (PVsyst)

On observe une hausse progressive de irradiation de janvier a juillet (« qui correspond au pique d'irradiation »), il est de l'ordre de 800 W/m^2.
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.

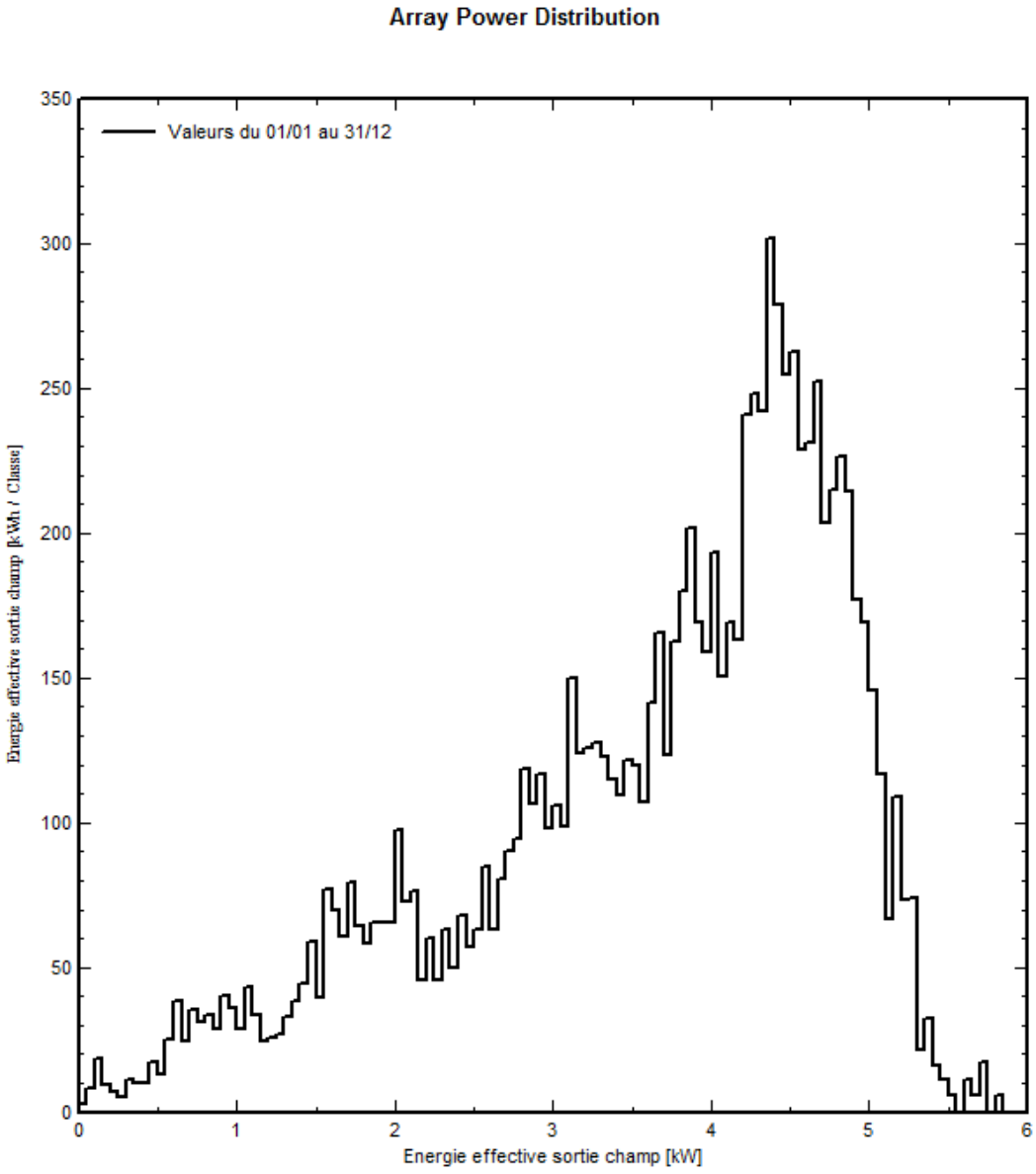


Figure III.12: Distribution annuelle de la puissance en sortie du champ PV. (PVsyst)

Le pique d'énergie effective est constaté pendant de le mois d'juillet, ce pique est de 4.4 KW.

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.

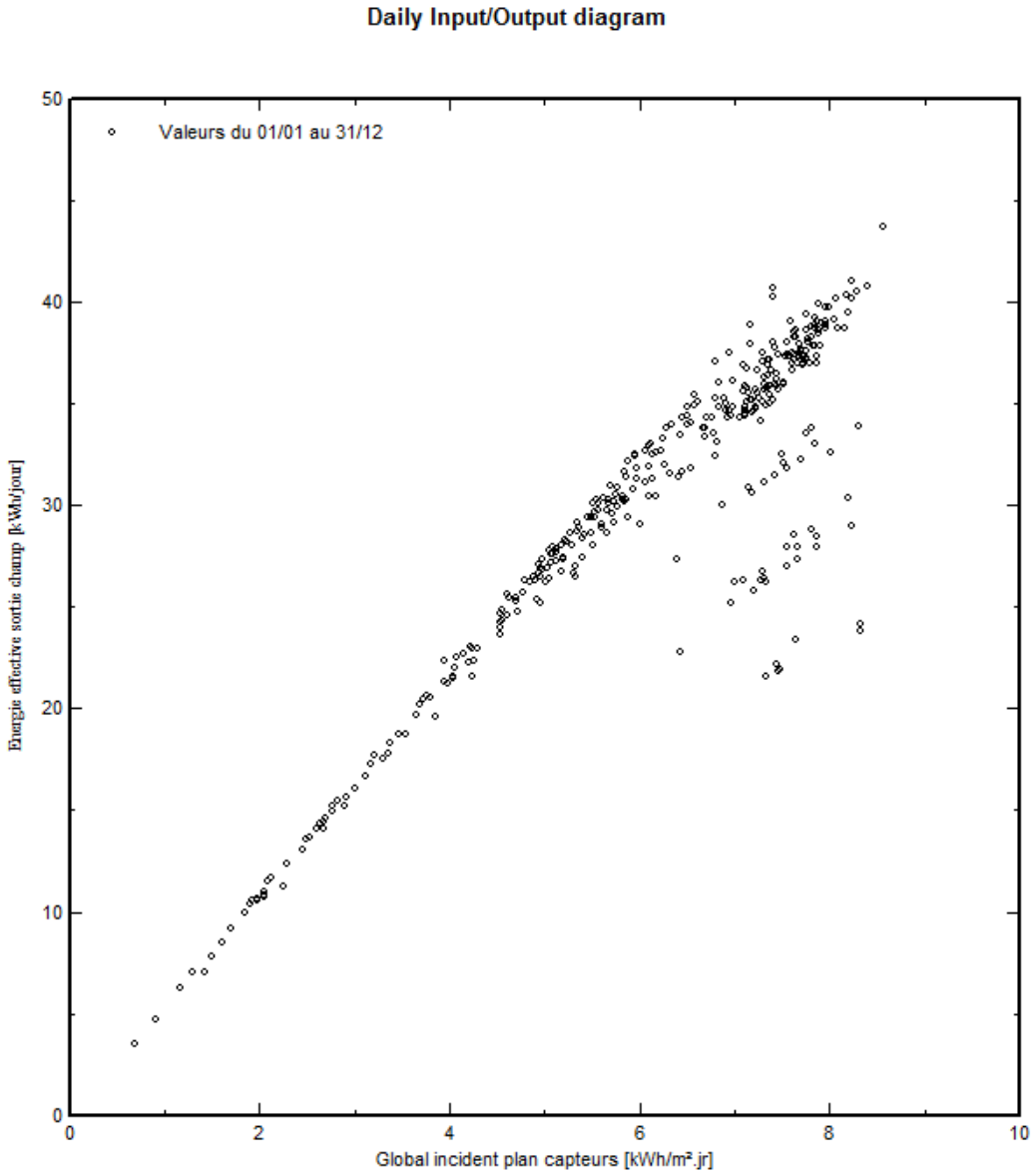


Figure. III.13: Diagramme journalier d'Entrée/Sortie du système PV (PVsyst)

III.7. Conclusion

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

Les pertes dues à la température ont une influence sur l'énergie produite par l'installation PV, d'où la nécessité d'opter pour des capteurs solaires avec une bonne circulation d'air au tour et d'une qualité qui permettra d'obtenir d'une meilleure efficacité énergétique.

CHAPITRE IV

ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE

IV.1. Introduction

Suite à notre étude du système d'installation, 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 20 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 économique des systèmes PV

Les prix de l'équipement utilisé pour l'étude économique sont obtenus auprès des Fournisseurs d'équipement photovoltaïque en Algérie ou des fournisseur chinois en ligne, Donc on ne prendra plus en TVA, les frais de transport.

Equipement	Description	Quantité	Prix unitaire	Total
Module	ASE-300-DG-UT(300)	20	27000	540000
Supports modules	Blue-Sun Aluminium Structure	20	5000	100000
Batteries	Rolls S 2-3560 AGM	30	30000	900000
Supports Batteries	Alpha Passoni Battery Rack	1	25000	25000
Régulateur	Outbac FLEXmax 80 - 60V	1	61700	61700
Onduleur	Must PV6000	1	72000	72000
boitier Electrique	Schneider Electric	1	11000	11000
Câblage 6 mm	Câble 6 mm	100	100	10000
Câblage DC 6 mm	Câble 6 mm DC	50	100	5000
Boite de jonctions	Schneider Electric	2	2500	5000
Connecteurs MC4		6	500	3000
Totale				1616703 DA

Tableau IV.1 : **Tableaux des d'équipements**

Frais d'étude et d'installation du Project :

Etude et Analyse			
Ingénierie	1	20000	20000
Analyse Economique	1	20000	20000
Analyse Environnementales	1	10000	10000
Installation			
Transport	1	20000	20000
Accesoires,Fixation, Visserie	1	20000	20000
Réglages	1	20000	20000
Montant totale de l' étude et installation			110000 DA
Montant totale du Project			1726703 DA

Tableau IV.2 : Frais (« étude/ 'installation ») et Montant du Project

Digramme résumant le cout de l'installation :

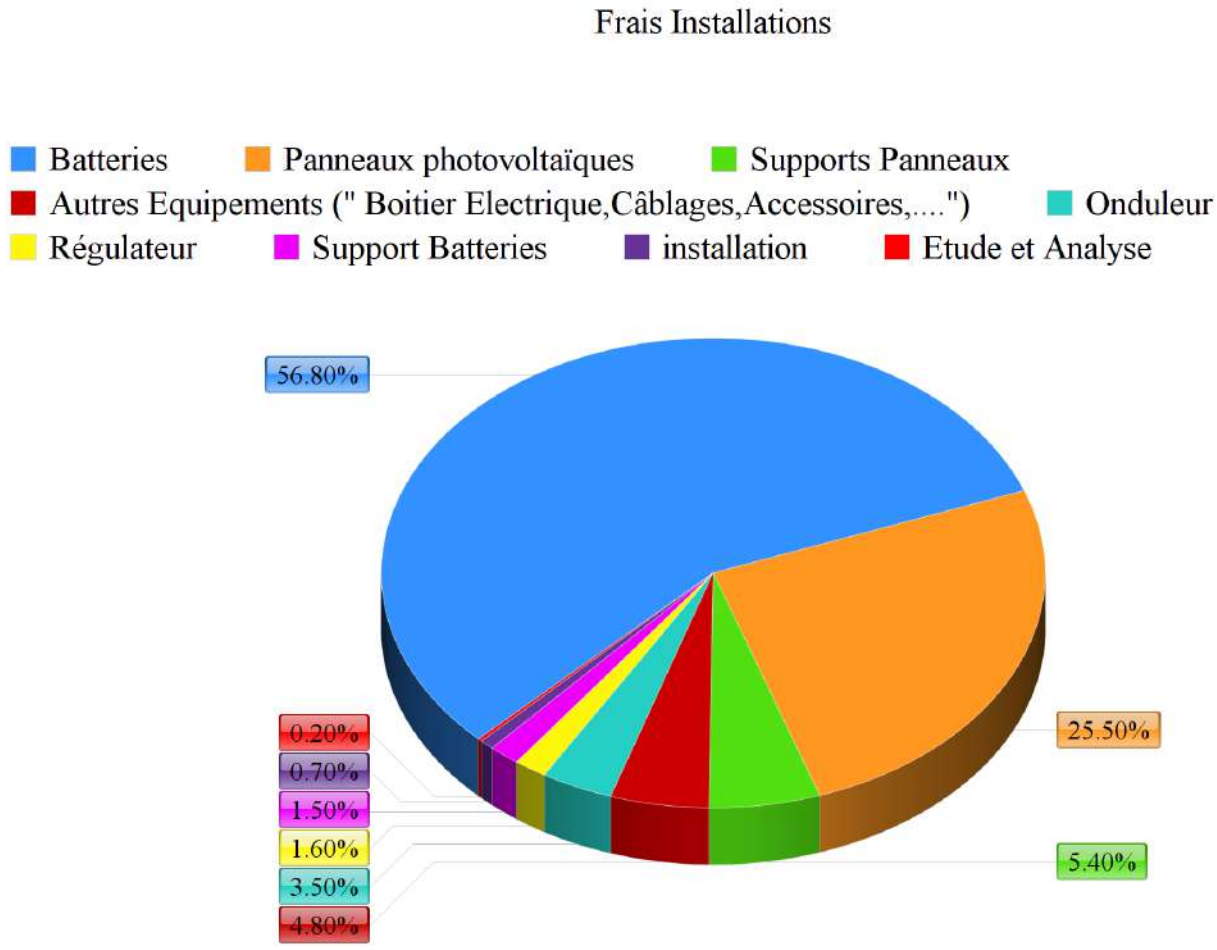


Figure IV.1 Digramme résumant le cout de l'installation (PVsyst)

PVSYST V6.81		23/09/20	Page 6/7

Système isolé: Evaluation économique

Projet : **ETUDE D'UNE INSTALATION PHOTOVOLTAIQUE POUR UNE HABITATION DOMESTIQUE OPTIMIZED**

Variante de simulation : **ETUDE D'UNE INSTALATION PHOTOVOLTAIQUE POUR UNE HABITATION DOMESTIQUE**

Principaux paramètres système	Type de système	**Système isolé avec batteries**		
Orientation plan capteurs	inclinaison	24°	azimut	0°
Modules PV	Modèle	ASE-300-DG-UT(300)	Pnom	300 Wc
Champ PV	Nombre de modules	20	Pnom total	**6.00 kWc**
Batterie	Modèle	EosG 3000	Technologie	Pb-acide, scellée, Gel
Pack de batteries	Nombre d'unités	30	Tension / Capacité	**60 V / 3000 Ah**
Besoins de l'utilisateur	Consomm. domestique	Définitions mensuelles	Global	10.06 MWh/an

Investissement

Coûts directs			
Modules PV			
ASE-300-DG-UT(300)	20 unités	27000.00 DA / unité	540000.00 DA
Supports des modules	20 unités	5000.00 DA / unité	100000.00 DA
Batteries	30 unités	30000.00 DA / unité	900000.00 DA
Régulateurs			61703.52 DA
Etudes et analyses			
Ingéniérie			20000.00 DA
Etudes environnementales			10000.00 DA
Analyse économique			20000.00 DA
Installation			
Transport			20000.00 DA
Accessoires, fixation, visserie			20000.00 DA
Câblage			15000.00 DA
Réglages			20000.00 DA
		Investissement net (CAPEX)	**1726703.52 DA**

Coûts d'exploitation

Entretien		
Réparations		20000.00 DA / an
Nettoyage		10000.00 DA / an
	Total (OPEX)	**30000.00 DA / an**

Résumé du système

Investissement net	**1726703.52 DA**
Capitaux propres	1726703.52 DA
Emprunt	0.00 DA
Coût annuel total	**30000.00 DA / an**
Energie solaire utilisée	**9970 MWh / an**
Energie en excès (batterie pleine)	**425 MWh / an**
Coût de l'énergie utilisée	**11.7 DA / kWh**

(somme des coûts sur la durée de vie du projet / énergie totale produite sur la durée de vie du projet)

Tableau IV.3 : T*ableau des frais l'étude économique *(PVsyst)

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

D'âpres Le tableau montré, Observe que pour une production de 9970MWh/an et pour un coup d'exploitation annuel de 30.000 Da , Le coût total du système photovoltaïque est : 1.726.703,00 **DA**.

L'analyse économique qui permettra de déterminer le coût total du projet et le temps de retour sur investissement est faite sur la base des hypothèses suivantes :

- ✓ Coût de maintenance et d'exploitation est pris égal à 4% de l'investissement initial ;
- ✓ Coût d'investissement initial.

- ✓ Le coût de remplacement des équipements.

Suite aux résultats trouvés, l'amortissement de l'investissement du projet est estimé 20 ans, et la durée de vie des batteries est de 10 ans.

Coût total =Investissement initial + coût d'Exp & maintenance + Main d'oeuvre +Coût de remplacement.

Notre utilisateur amortira son investissement au bout de la période de 20 ans, avec une durée de vie des modules photovoltaïques de 20 à 25 ans.
On déduit que ce Project n'est pas donc vraiment positif pour son investisseur, Car le prix du kWh de SONELGAZ subventionné (« 4.2 Da ») est moins cher que le kWh solaire (« 11.7 Da »).
Cependant si on prend en compte le prix Réel de kWh (« prix de production du KWh ») qui est de 12 Da, notre système est intéressant économiquement parlant car il est avantageux.
Sans oublier que notre system est favorable pour les sites isolés.
D'après notre étude technico-économique notre installation coutera 1.726.703.52 Da

IV.4. Bilan carbone

Le bilan carbone est un outil de diagnostic inventé par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) pour comprendre et analyser l'activité des particuliers, des entreprises, des collectivités et des administrations en termes d'émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre.

Produced Emissions	**Total:**	**11.16 tCO2**		
	Source:	Detailed calculation from table below		
Replaced Emissions	**Total:**	**129.7 tCO2**		
	System production:	10.88 MWh/an	Lifetime:	20 years
			Annual Degradation:	1.0 %
	Grid Lifecycle Emissions:	596 gCO2/kWh		
	Source:	IEA List	Country:	Algeria
CO2 Emission Balance	**Total:**	**106.9 tCO2**		

System Lifecycle Emissions Details:

Item	Modules	Supports
LCE	1713 kgCO2/kWc	4.40 kgCO2/kg
Quantity	6.00 kWc	200 kg
Subtotal [kgCO2]	10276	880

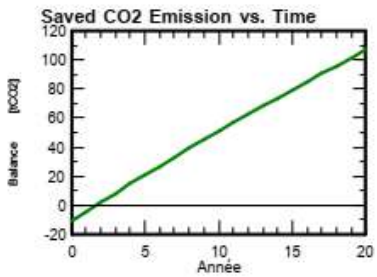


Figure IV.2 Figure résumant le bilan carbone (PVsyst)

On observe que notre installation a pu réduire les émissions carbones de **110 %** par rapport à une installation de même puissance alimenté par une énergie fossile

IV.5. 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 étudie

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 à ce que la foudre ne se propage dans le câblage et ne détruise les équipements.

IV.5.1. 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 a 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'élagage 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'entretient des connexions et nettoyage des contacts
- Le contrôle visuel des niveaux d'électrolyte : ajoute 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 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 devant 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, inconvénients, qui sont résumés présente un cout d'investissement d'exploitation**. [26]**

Le système PV étudié présente des avantages et des sur le tableau ci-dessous. Le système photovoltaïque important, un entretien très réduit et un faible cout.
Ces avantages et inconvénients doivent être pris en considération lorsqu'un investissement est 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
Système PV	• Faible maintenance • Propre • Installation facile • Fiable sur long terme • Faible cout Périodique • Système modulable	• Cout important d'investissement • Le rendement baisse en fonction des irradiations • Sensible au taux d'actualisation

Tableau IV.4 : Avantages et inconvénients du système PV.

IV.6. 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, évidement 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 .7. 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 raisonnable par rapport au montant réel de production établies par le fournisseur de l'énergie électrique SONELGAZ qui est de 12 DA/KWh.

Conclusion générale

L'objectif général de notre étude est de produire de l'énergie électrique de manière autonome dans une région isolée de Boughezoul 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 tous les équipements de notre installations photovoltaïque. Pour cela, nous avons conçu le système PV qui alimente notre habitation ensuite le seulement des systèmes PV ont été dimensionnées. Ainsi Pour permettre une alimentation permanente des récepteurs de charge.

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 6 kw.

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

En dernier chapitre nous avons établi une étude économique et nous avons constaté que l'installation PV, intéressante de signaler que notre installation devient rentable de vue de l'économie d'énergie qui actuelle très significatif par apport à la demande publique.

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

Une étude expérimentale est proposée pour mettre en œuvre la réalisation de notre projet qui pourra être connecté au réseau électrique publique a l'avenir

[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 entrainées par differents machines electrique » 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

[15] H. Yotto « Etude et conception d'une mini centrale PV » mémoire fin d'études Master 2 IE Bénin 2011

[16] K. Amara « contribution à l'etude 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 fulfullement 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'energie pour les applications photovoltaiques » 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

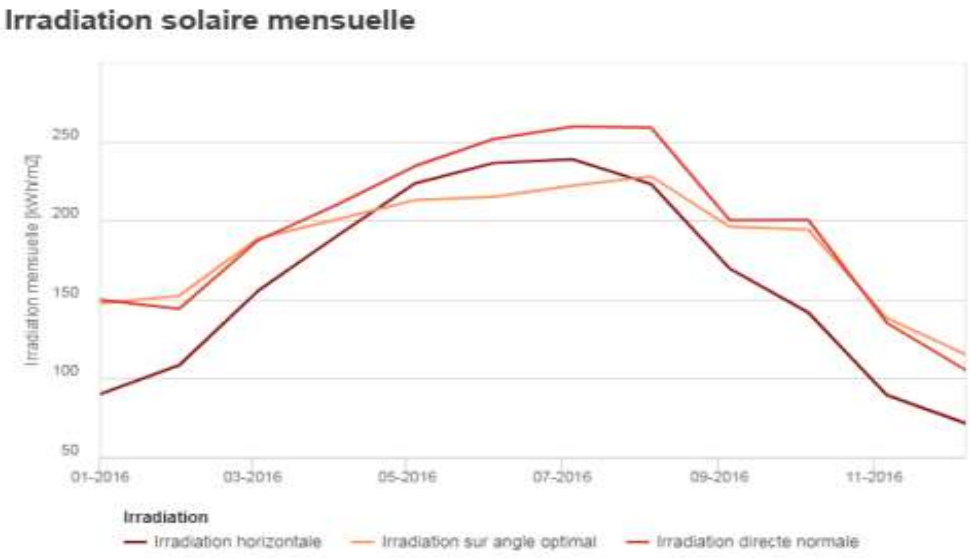
[26]M.Nkouimi « outil d'aide au dimensionnement des système photovoltaïques domestiques » mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception, Ecole national superieur polytechnique de Yaoundé 2010

[27] Y.Tebboub, « étude conceptuelle des systèmes photovoltaïques a double et triple jonction » mémoire de magister, UMMTO 2014

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

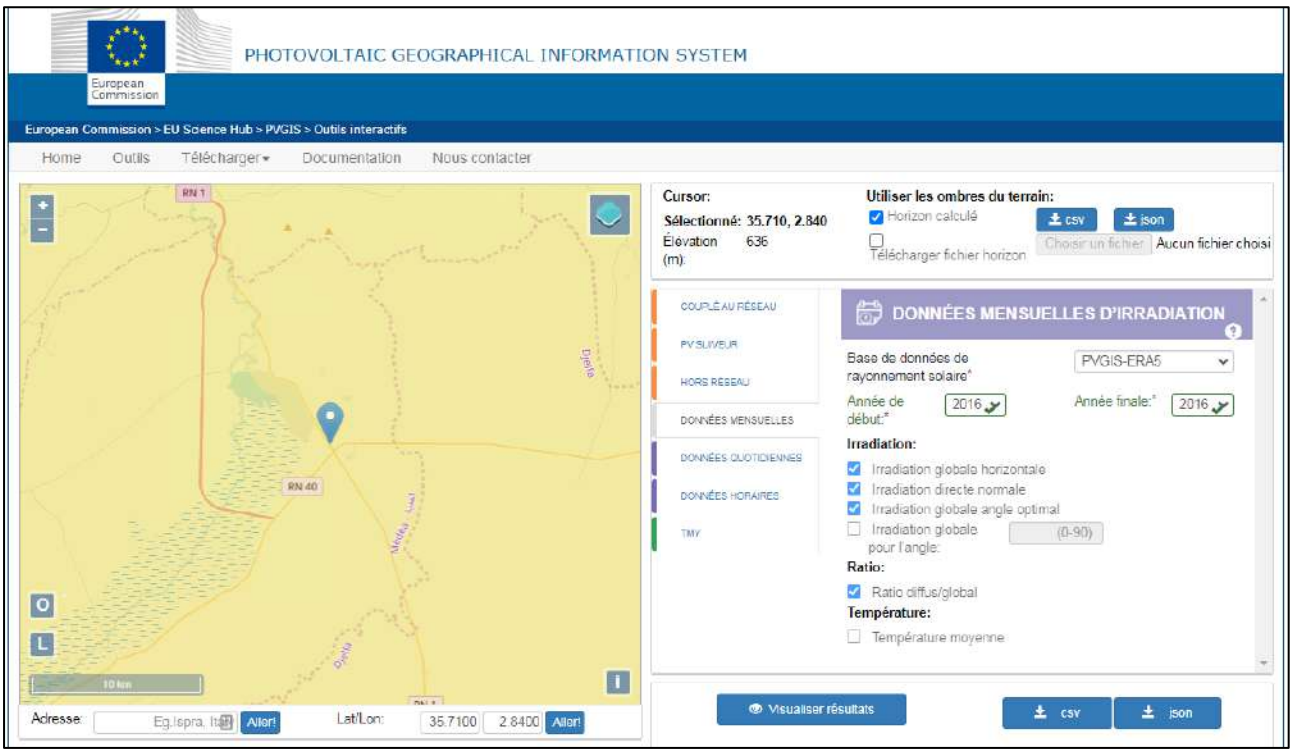
[29] C.Bernard « station solaire autonome pour l'alimentation des antennes » l'archive ouverte pluridisciplinaire HAL 2006

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

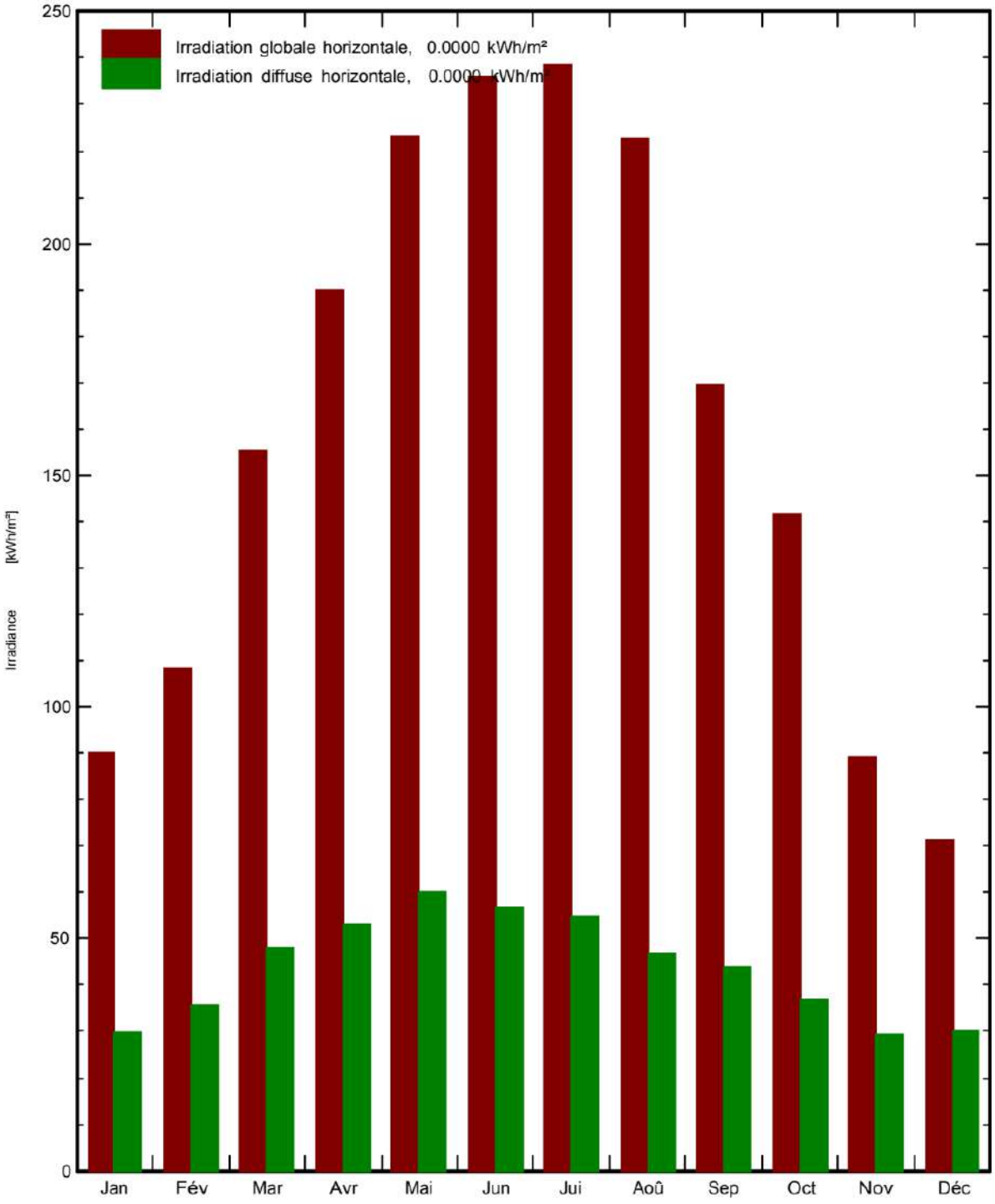


Irradiation globale horizontale		Direct Normal irradiation		Global irradiation optimum angle	
Mois	**2016**	**Mois**	**2016**	**Mois**	**2016**
Janvier	90.03	Janvier	149.66	Janvier	147.34
Février	108.21	Février	143.93	Février	152.17
Mars	155.22	Mars	187.13	Mars	188.44
Avril	189.75	Avril	209.54	Avril	200.42
Mai	223.3	Mai	234.21	Mai	212.82
Juin	236.18	Juin	251.37	Juin	214.71
Juillet	238.48	Juillet	259.21	Juillet	221.93
Août	222.94	Août	258.63	Août	227.72
Septembre	169.33	Septembre	200.02	Septembre	195.91
Octobre	141.61	Octobre	200.18	Octobre	193.98
Novembre	89.34	Novembre	135.04	Novembre	138.18
Décembre	71.51	Décembre	105.19	Décembre	115.1

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



Annexe III : irradiation pendant l'année



ANNEXE V : Cordonnées géographique de Boughezoul (« Wilaya de Médéa »)

Démographie	
Population	13 617 hab. (2008[1])
Densité	30 hab./km^2
Géographie	
Coordonnées	35° 41′ 59″ nord, 2° 50′ 52″ est
Altitude	Min. 625 m Max. 625 m
Superficie	448 km^2
Localisation	



Localisation de la commune dans la wilaya de Médéa.

Géolocalisation sur la carte : Algérie



Voir sur la carte administrative d'Algérie
Voir sur la carte topographique d'Algérie