

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE : De Technologie

DEPARTEMENT: GENIE ELECTRIQUE

N° :.....



DOMAINE : Science & Technologie

FILIERE : GENIE ELECTRIQUE

OPTION : ÉNERGIES RENOUVELABLES
EN ELECTROTECHNIQUE

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: BENKHERIF Abdelbacet

SEDDIKI Benyoucef

Intitulé

ETUDE TECHNICO ÉCONOMIQUE D'UN
SYSTÈME PHOTOVOLTAIQUE EN SITE ISOLE
PAR PVSYST

Soutenu le : 17-06-2018 , devant le jury composé de:

DR. SAIGAA. K	Université Mohamed BOUDIAF - M'Sila	Président
DR. BOUCHELACHEM. A	Université Mohamed BOUDIAF - M'Sila	Rapporteur
DR.DRIF .M	Université Mohamed BOUDIAF - M'Sila	Examineur

Année universitaire : 2017 /2018

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

*Tout d'abord, je remercie le bon Dieu de m'avoir donné la puissance
pour achever mes études supérieures.*

*Je tiens à remercier en premier lieu mon promoteur Dr.
BOUCHLAGHEM AHMED pour ses remarques, ses conseils
considérables et ces critiques constructives.*

*Je tiens à remercier de tout mon cœur docteur DRIF MAHMOUD
pour sa volonté.*

*J'adresse mes remerciements à mes enseignants qui m'ont encadré
durant mon cursus universitaire.*

*Ainsi qu'à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la
réalisation de ce modeste travail.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A ma très chère Mère et mon très cher Père

*A ceux qui m'ont toujours encouragé pour que je réussisse dans mes
études*

A ceux qui ont veillé pour mon bien être

A ceux qui m'ont soutenu dans les moments les plus difficiles de ma vie

A ceux que j'aime et je respecte infiniment

Le jour est venu pour leur dire Merci...

A toute la famille SEDDIKI et BENKHRIF.

*A tous mes amis qui ont toujours été présents et qui n'ont ménagé
aucun effort pour me bénéficier avec leur aide et leurs suggestions,*

A tous mes camarades du Groupe ER,

BEN YUCEF ET ABDELBA CET

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

Chapitre I :

Généralités sur l'énergie photovoltaïque

I.1. Introduction	3
I.2. Description des systèmes photovoltaïques	3
I.3. Le générateur photovoltaïque GPV	4
I.3.1. La cellule PV	4
I.3.2. Effet photovoltaïque	4
I.3.3. Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque	5
I.3.4. Type et rendement des cellules photovoltaïques.....	6
I. 3.5. Modules photovoltaïques	7
I. 3.6. Caractéristiques d'un module	8
I.4. L'unité de stockage	9
I.4.1. Batteries d'accumulateurs	9
I.5. Régulateurs	9
I.5.1. Principe de fonctionnement des régulateurs.....	10
I.5.2. Régulateur parallèle.....	11
I.5.3. Régulateur série	11
I.6. Onduleurs	12
I.7. Convertisseur DC/DC.....	12
I.8. Charge (utilisateurs).....	13
I.9. Mise en place du système	13
I.12. Idée sur le coût du système.....	13
Conclusion.....	14

Chapitre II :

*Conception d'un installation photovoltaïque
autonome*

II.1. Introduction.....	15
II.2. Etape 1 : L'estimation des besoins journaliers de l'utilisateur en électricité.....	16
II.2.1. Evaluation des besoins	16
II.2.2. Choix des appareils électriques et leur adaptation au système PV.....	17
II.2.3. Présentation de l'habitat	17
II.2.4. Description de maison.....	17
II.2.6. Présentation du site – Cahier des charges.....	18
II.3. Etape 2 : Estimation de l'ensoleillement sur le site de l'installation du générateur PV.....	19
II.3.1. Orientation et inclinaison des modules.....	20
II.4. Etape 3 : Estimation du champ photovoltaïque (tension et puissance crête installée nombre de modules).....	21
II.4.1. Choix de la tension du système.....	21
II.4.2. Composition du champ photovoltaïque	21
II.4.3. Nombre des panneaux.....	21
II.5. Etape 4: Estimation de la capacité de stockage de la batterie et choix de la Technologie.....	23
II.5.1. Calcule la capacité de stockage	23
II.6. Etape 5: Dimensionnement des câbles et plan de câblage.....	24
II.7. Etape 6: Choix de régulateur et de l'onduleur.....	24
II.7.1. Choix du régulateur.....	24
II.7.2. Choix de l'onduleur.....	26
II.8. Choix des composants du système	27
II.9. Caractéristiques des composants utilisent pour le dimensionnement des systèmes PV.....	28
II.10. Système d'éclairage public photovoltaïque autonome.....	28

II.10.1. Description du système.....	29
II.10.2. Description technique	29
Conclusion	30

Chapitre III :

Simulation par PVsyst d'une installation photovoltaïque autonome

III.1. Présentation de PVsyst	31
III.2. Menu principal	31
III.2.1. La conception préliminaire (pré-dimensionnement)	32
III.2.2. Conception du projet	32
III.2.3. Outil.....	33
III.3. Présentation de projet	33
III.3.1. Données géographique.....	33
III.3.3. Données météorologiques.....	35
III.4. Conception du projet	35
III.4.1. Les étapes pour une conception du projet (isole avec batteries)	36
III.5. Résultats et discussions de la simulation numérique.....	44
III.5.1. Paramètres du système (Isolé avec batteries)	44
III.5.1.1. Caractéristiques du champ de capteurs.....	44
III.5.1.2. Caractéristiques du Batterie.....	44
III.5.2. Profile de charge.....	44
III.5.3. performance ratio	45
III.5.4. Les productions normalisées	46
III.5.5. Bilan énergétique	47
Diagramme des pertes sur l'année entière.....	48
Conclusion.....	49

Chapitre VI :

Etude technico-économique

IV.1. Introduction	50
IV.2. Tableaux de l'étude technico-économique des systèmes PV.....	51
IV.3. Installation et maintenance.....	52
IV.4. Installation mécanique et électrique.....	52
IV.4.1. Installation du générateur PV.....	52
IV.4.2. Installation des batteries de stockage	54
IV.5. Maintenance.....	55
IV.6. Mise à la terre du système.....	56
Conclusion.....	56
Conclusion générale.....	57

Liste des Figures

Chapitre I

Figure I-1: Schéma synoptique d'un système photovoltaïque autonome.....	3
Figure I- 2: Schéma électrique d'une cellule photovoltaïque)	4
Figure I- 3: principe de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par cellule Photovoltaïque.	5
Figure I- 4: Types de cellules photovoltaïques. (a) silicium monocristallin, (b) silicium polycristallin, (c) silicium.....	6
Figure I- 5: Module photovoltaïque.	7
Figure I- 6: Schéma synoptique d'un générateur PV.....	8
Figure I- 7: Schéma de principe d'un régulateur de charge.....	10
Figure I- 8: Régulateur parallèle.....	11
Figure I- 9: Régulateur série.....	12
Figure I- 10: Onduleur	12
Figure I- 11: Convertisseur Continu-Continu	13

Chapitre II

Figure II- 1: Définition de l'orientation et de l'inclinaison d'un panneau énergies	20
Figure II- 2: Rendement d'onduleur photovoltaïque en fonction de taux de charge.....	26
Figure II-3: système d'éclairage public autonome photovoltaïque	30

Chapitre III

Figure III- 1: menu principal de logiciel PVsyst	31
Figure III- 2: site de Ouled Sidi Brahim.....	33
Figure III- 3: coordonnée géographique de Ouled sidi brahim.....	34
Figure III- 4: Paramètres climatique de Ouled sidi brahim.....	35
Figure III- 5: Conception du projet	36
Figure III.6: horizon du Ouled sidi brahim.....	37
Figure III- 6: angle d'orientation	38
Figure III- 8: la profile de charge et le temps d'utilisation.	39

Liste des Figures

<i>Figure III- 9: la définition de system autonome.....</i>	<i>40</i>
<i>Figure III- 10: les paramètres pour choisir le type de batterie.....</i>	<i>41</i>
<i>Figure III- 11: les paramètres de la batterie</i>	<i>41</i>
<i>Figure III- 12: les paramètres du champ PV.....</i>	<i>42</i>
<i>Figure III- 13: le choix du régulateur</i>	<i>42</i>
<i>Figure III- 14: paramètres des pertes.....</i>	<i>43</i>
<i>Figure III- 15: profile de charge.....</i>	<i>44</i>
<i>Figure III- 16: indice de performance</i>	<i>45</i>
<i>Figure III- 17: Les productions normalisées</i>	<i>46</i>
<i>Figure III- 18: Le diagramme des pertes dans les sytème PV</i>	<i>48</i>

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I-1: <i>Les différents types des cellules avec leur rendement</i>	6
---	---

Chapitre II

Tableau II- 1: <i>La pièce et L'équipement électrique dans la maison</i>	17
Tableau II- 2: <i>L'équipement électrique et leur puissance dans cette maison</i>	18
Tableau II- 3: <i>Consommation d'une maison</i>	19
Tableau II-4: <i>Les tensions du système correspondantes à chaque intervalle de puissance crête</i>	21
Tableau II- 5: <i>Caractéristique technique des composants du système PV</i>	28

Chapitre III

Tableau III - 1: <i>Tableau des données géographique du site de ouled Sidi Brahim</i>	33
---	----

Chapitre IV

Tableau IV.1: <i>Etude technico-économique du système PV alimentant une maison autonome</i>	51
---	----

Liste des notations et symboles

Indice	Mot clé	Unité
PV	photovoltaïque	/
GPV	générateur photovoltaïque	/
MPPT	Le maximum du point de puissance	/
E_i	L'énergie journalière consommé d'un equipment	[Wh]
P_i	La puissance crête d'un equipment	[W]
t_i	Le temps d'utilisation	[h]
P_c	La puissance de crête	[WC]
V_{oc}	Tension aux bornes du module en l'absence de tout courant	[V]
I_{cc}	Courant débité par un module en court circuit	[A]
I_b	Courant de la batterie	[A]
PR	Performance Ration	[%]
P_g	La puissance crête de GPV au STC	[W]
H_{gh}	L'irradiation journalière mensuelle moyenne sur le place de GPV	[Wh/m ² /j]
E_t	Énergie consommée ramenée au GVP	[Wh/j]
N_{tm}	Nombre totale des modules PV	/
N_{mS}	Nombre de modules disposés en série	/
N_{BP}	Nombre de branches en parallèle des modules	/
V_m	Tension nominal d'un module	[V]
V_{Dc}	Tension DC nominal du système	[V]
V_{Ac}	Tension nominal d'un module	[V]
DODmax	Le niveau de décharge à atteindre avant la déconnexion de l'utilisation	/
N_{aut}	Les jours d'autonomies	/
C(Wh)	La capacité du stockage	[Wh]
C(Ah)	Capacité de stockage en Ampère heure	[Ah]
N_{bs}	Nombre d'éléments en série	/
V_e	Tension de l'élément batterie	[V]
V_{DC}	La tension DC nominal du système.	[V]
N_{bp}	Nombre de branches en parallèle des éléments batteries	/

Liste des notations et symboles

Ce	Capacité d'un élément batterie	[Ah]
Ne	Le nombre total d'éléments batterie	/
IG'	Le courant qui produit par le GPV	[A]
Ibr	Le courant de branche de module parallèle	[A]
I _l	Le courant de l'utilisation	[A]
PDC	La puissance de charge DC	[W]
PAC	La puissance de charge AC	[W]
VAC	La tension AC à la sortie de l'onduleur	[V]
VDC	La tension DC nominal du système.	[V]
Pon	La puissance de l'onduleur	[W]

INTRODUCTION GENERALE

L'Algérie, pays du soleil et de l'espace, peut s'inspirer de ces programmes pour une exploitation à grande échelle de l'énergie solaire. Elle a les moyens humains et financiers à la mesure de ces programmes. L'enjeu est grand, et vital. L'Algérie est dans le monde l'un des pays de fort potentiel d'exportation de l'énergie électrique solaire [1].

Le soleil fournit une énergie lumineuse grandiose à la Terre. Mais le problème réside dans le fait que la forme sous laquelle nous recevons l'énergie n'est pas nécessairement celle sous laquelle cette énergie est utilisable. C'est pourquoi, nous devons utiliser des processus de conversion de l'énergie. [2] La technologie qui permet la conversion de cette forme d'énergie (énergie solaire) en énergie électrique est appelée conversion photovoltaïque.

L'électricité photovoltaïque présente une option technique et économique intéressante pour des sites non raccordés au réseau de distribution centralisée. Lorsque les besoins à couvrir sont faibles où l'absence d'une maintenance lourde (diesel) constitue un avantage évident - les systèmes photovoltaïques trouvent leur pleine justification, en comparaison du service rendu.

Cette transformation s'effectue sans bruit, sans émission de gaz, elle est donc une énergie totalement propre. Par ailleurs, l'absence et le manque en mouvement des pièces mécaniques lui confèrent un niveau de fiabilité inégalable (la durée de vie d'un module photovoltaïque est estimé généralement par les experts à 30 ans).

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 [3].

L'énergie solaire n'étant pas disponible la nuit, il est nécessaire d'équiper les systèmes photovoltaïques autonomes par des batteries d'accumulateurs qui permettent de stocker l'énergie et de la restituer en temps voulu. Pour les systèmes raccordés au réseau de distribution électrique, le stockage de l'énergie est bien évidemment pas indispensable [4].

C'est une énergie décentralisée et peut être utilisée au moment même où elle est produite. Elle permet de couvrir les besoins d'une habitation en électricité tels que l'éclairage, le pompage de l'eau et la production du froid.

INTRODUCTION GENERALE

Dans notre travail, nous proposons l'étude du dimensionnement d'un système photovoltaïque pour l'alimentation d'une agglomération d'un ensemble d'habitation que cette comporte village de 40 maisons et l'éclairage public.

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

Dans le deuxième chapitre, nous nous sommes intéressés au dimensionnement et de conception d'installation photovoltaïque au sein de Ouled Sidi Brahime, à savoir les différents éléments constituant 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, dernièrement fera l'objet de la rentabilité économique et de l'investissement par rapport au prix de la consommation électrique du réseau électrique.

Généralités sur les systèmes PV autonomes

I.1. Introduction

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

Pour définition le mot " photovoltaïque " vient de la 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 [5, 6].

I.2. Description des systèmes photovoltaïques :

Le système photovoltaïque se compose d'un champ de modules et d'un ensemble de composantes qui adaptent l'électricité produite par les modules aux spécifications des récepteurs. La figure suivante représente le schéma synoptique d'un système photovoltaïque autonome [7].

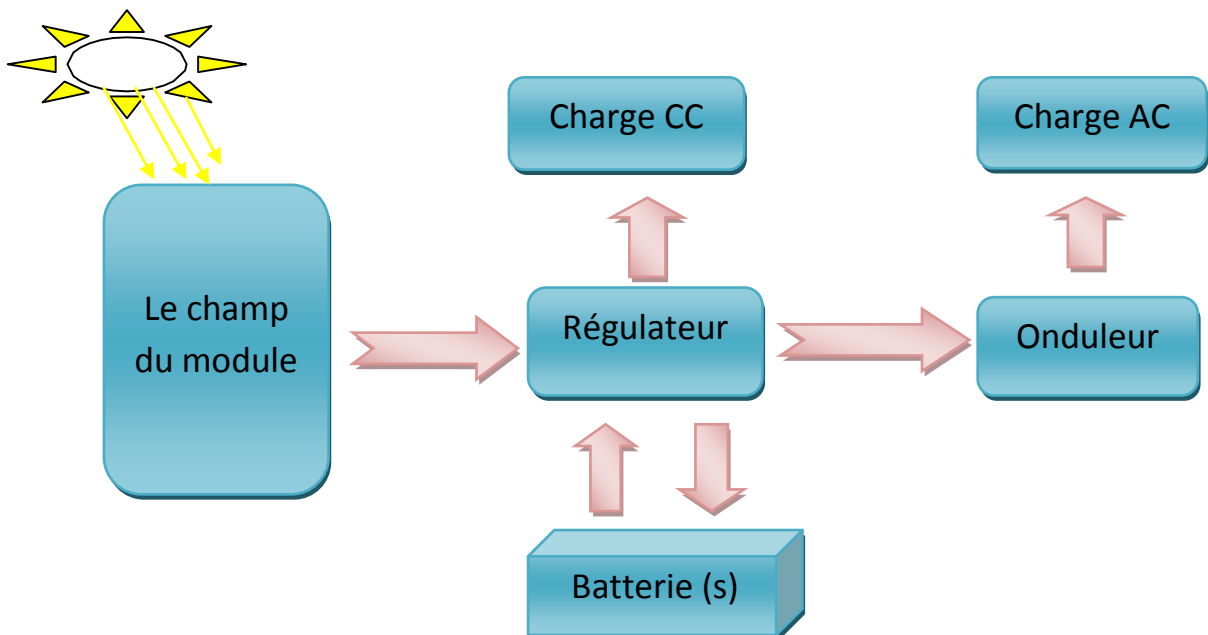


Figure I.1: Schéma synoptique d'un système photovoltaïque autonome

I.3. Le générateur photovoltaïque GPV

I.3.1. Effet photovoltaïque

L'énergie photovoltaïque (PV) est la transformation directe de la lumière en électricité. A l'encontre de l'énergie solaire passive, qui utilise les éléments structuraux d'un bâtiment pour mieux le chauffer (ou le refroidir), et de l'énergie solaire active, qui utilise un caloporteur (liquide ou gazeux) pour transporter et stocker la chaleur du soleil (on pense au chauffe-eau), l'énergie photovoltaïque n'est pas une forme d'énergie thermique. Elle utilise une cellule PV pour transformer directement l'énergie solaire en électricité.

L'effet photovoltaïque, c'est-à-dire la production d'électricité directement de la lumière, fut observée la première fois, en 1839, par le physicien français Edmond Becquerel. Toutefois, ce n'est qu'au cours des années 1950 que les chercheurs de la compagnie Bell Téléphone, aux États-Unis, parvinrent à fabriquer la première photopile, l'élément primaire d'un système photovoltaïque [11]

I.3.2. La cellule PV

Les cellules photovoltaïques ou les plaques solaires sont des composants qui transforment directement la lumière solaire en électricité par un processus appelé « effet photovoltaïque ». [8].

Elles sont réalisées à l'aide de matériaux semi-conducteurs, c'est à dire ayant des propriétés intermédiaires entre les conducteurs et les isolants.

La taille de chaque cellule va de quelques centimètres carrés jusqu' à 100 cm² ou plus sa forme est circulaire, carrée ou dérivée des deux géométries.

Les cellules se branchent en série, ce qui permet aux électrons générés par une cellule d'être repris par la suivante. Le but est d'avoir une différence de potentiel normalement entre 6 et 24 V. la figure (I.2) suivante représente le schéma électrique d'une cellule photovoltaïque [9].

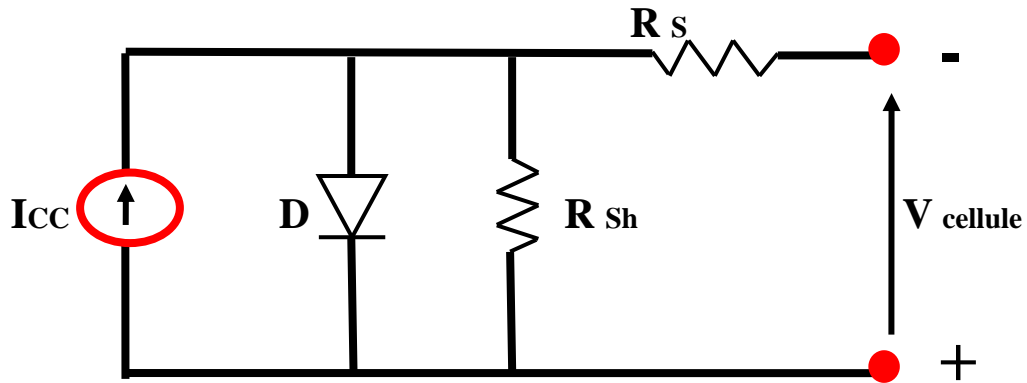


Figure I.2: Schéma électrique d'une cellule photovoltaïque

Les résistances R_s et R_{sh} permettent de tenir en compte des pertes liées aux défauts de fabrication. R_s représente les diverses résistances de contact et de connexion tandis que R_{sh} caractérise les courants de fuite dus à diode et aux effets de bord de la jonction [10].

I.3.3. Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

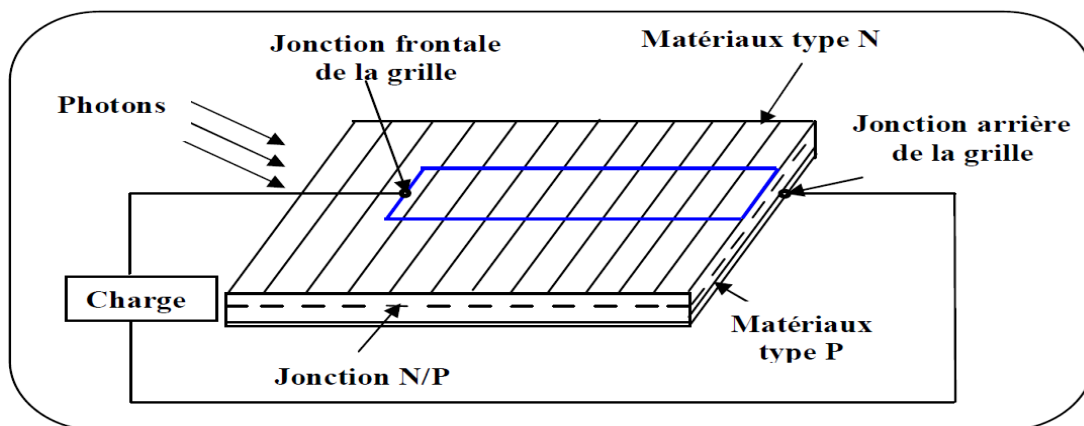


Figure I.3 : principe de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par cellule Photovoltaïque.

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 V et 0.7 V en fonction du matériau utilisé, de sa disposition, de la température de la cellule ainsi que le vieillissement de la cellule [12].

La figure I.3 illustre une cellule PV typique. Elle montre clairement sa constitution détaillée. Une cellule PV est réalisée à partir de deux couches de silicium, une dopée P (dopée au bore) et l'autre couche dopée N (dopée au phosphore) créant ainsi une jonction PN avec une barrière de potentiel. Lorsque les photons sont absorbés par le semi-conducteur, ils transmettent leur énergie aux atomes de la jonction PN de telle sorte que les électrons de ces atomes se libèrent et créent des électrons (charges N) et des trous (charges P). Ceci crée alors une différence de potentiel entre les deux couches. Cette différence de potentiel est mesurable entre les connexions des bornes positives et négatives de la cellule.

I.3.4. Type et rendement des cellules photovoltaïques

Il existe différents types de cellules solaires (ou cellules photovoltaïques), et chaque type de cellules a un rendement et un coût qui lui est propre. Cependant, quel que soit leur type, leur rendement reste assez faible: de 8 à 23% de l'énergie qu'elles reçoivent. Il existe trois principaux types de cellules à l'heure actuelle [13].

- **Les cellules monocristallines:** Ce sont celles qui ont le meilleur rendement mais aussi celle qui ont le coût le plus élevé, du fait d'une fabrication compliquée.
- **Les cellules polycristallines:** Leur conception étant plus facile, leur coût de fabrication est moins important, cependant leur rendement est plus faible.
- **Les cellules amorphes:** Elles ont un faible rendement, mais ne nécessitent que de très faibles épaisseurs de silicium et ont un coût peu élevé. Elles sont utilisées couramment dans de petits produits de consommation telle que des calculatrices solaires ou encore des montres.

Rendement d'une cellule :

Le tableau suivant (I.1) présente les différents types des cellules avec leur rendement.

Tableau I.1. Les différents types des cellules avec leur rendement.

Technologie de cellules	Rendement en laboratoire (%)	Rendement production (%)
Silicium amorphe (a-Si)	13	5 à 9
Silicium polycristallin (p-Si)	19,8	11 à 15
Silicium monocristallin (m-Si)	24,7	13 à 17

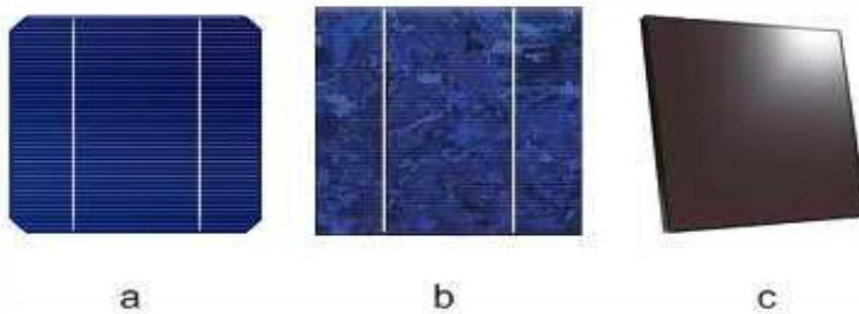
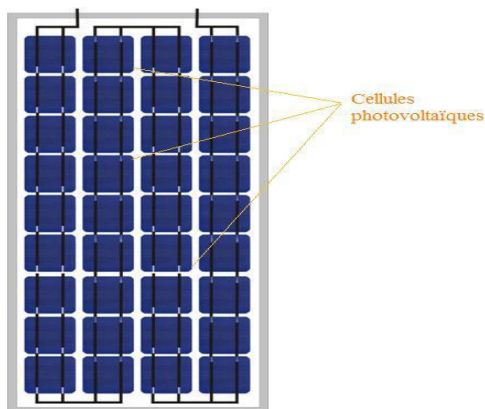


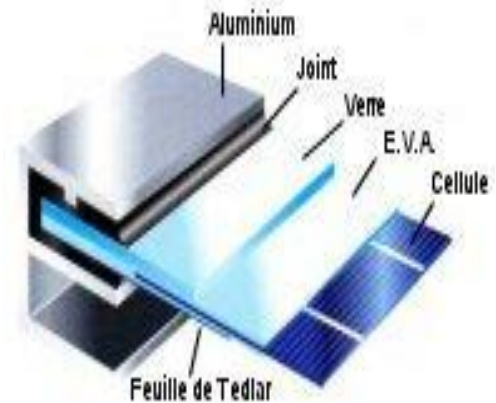
Figure I.4 : Types de cellules photovoltaïques. (a) silicium monocristallin, (b) silicium polycristallin, (c) silicium amorphe

I.3.5 Modules photovoltaïques :

Pour produire plus de puissance, les cellules solaires sont assemblées pour former un module figure (I.4.a). Les connections en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la tension. Ces cellules sont protégées de l'humidité par encapsulation dans un polymère EVA (éthylène-vinyl- acétate) figure (I.4.b) et protégé sur la surface avant d'un verre, trempé à haute transmission et de bonne résistance mécanique, et sur la surface arrière



d'une ou de polyéthylène [14].



(a)

(b)

Figure I.5: Module photovoltaïque.

Actuellement la puissance d'un module est de quelques watts crêtes à quelques dizaines de watts crêtes. Pour obtenir des puissances supérieures, il est nécessaire d'associer en série- parallèle des modules Figure (I-5) pour avoir un générateur PV. Pour

des déséquilibres importants dus à l'occultation d'une ou plusieurs cellules, les modules peuvent être amenés à travailler en récepteur. Pour remédier à ces problèmes, des diodes peuvent être placées en parallèle et en série avec les modules [15, 16, 17, 12].

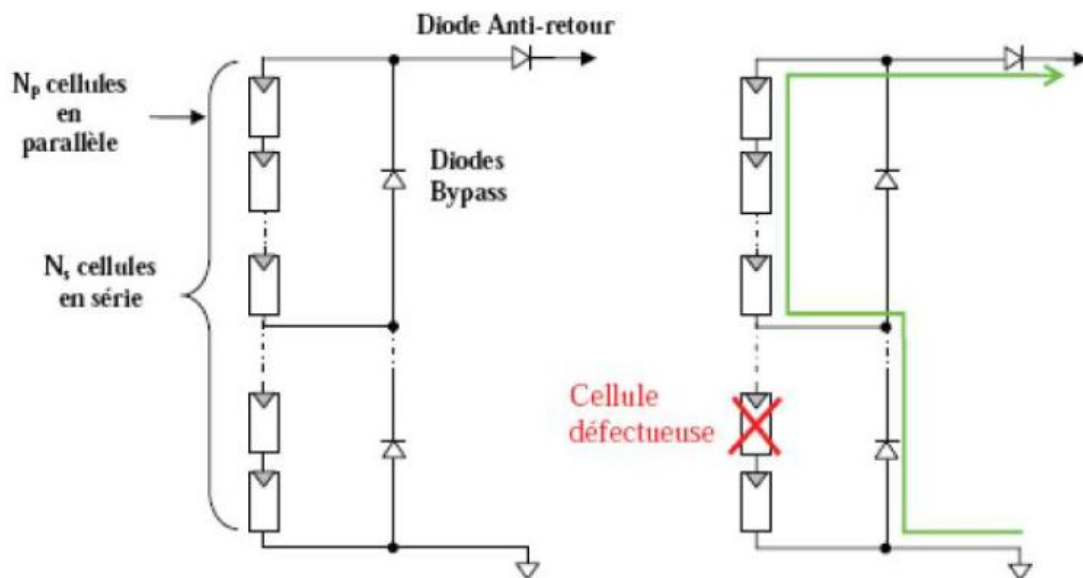


Figure I.6: Schéma synoptique d'un générateur PV

➤ **Les diodes en série:**

Pour empêcher la batterie de se décharger la nuit dans les cellules PV ou pour empêcher une série de modules contenant un module défaillant ou masqué de devenir réceptrice du courant fourni par les autres séries, qui ont alors une tension plus élevée qu'elle, une diode est intégrée dans chaque série. On l'appelle aussi diode anti-retour et elle est située en série avec les modules.

➤ **Les diodes en parallèles:**

Au sein d'une série un module qui ne peut plus produire d'énergie (masqué, défaillance), doit être protégé pour ne pas devenir récepteur et s'endommager irrémédiablement ; des diodes sont donc placées en parallèle sur chacun des modules du

générateur. Elles permettent de dévier le courant produit par les autres modules de la série et sont placées en parallèle avec les modules [16, 18, 19]

I.3.6. Caractéristiques d'un module [20]

- La puissance de crête, P_c : Puissance électrique maximum que peut fournir le module dans les conditions standards (25°C et un éclairement de 1000 W/m^2).
- La caractéristique I/V : Courbe représentant le courant I débité par le module en fonction de la tension aux bornes de celui-ci.
- Tension à vide, V_{oc} : Tension aux bornes du module en l'absence de tout courant, pour un éclairement " plein soleil ".
- Courant de court-circuit, I_{cc} : Courant débité par un module en court-circuit pour un éclairement " plein soleil ".
- Point de fonctionnement optimum, (U_m, I_m) : Lorsque la puissance de crête est maximum en plein soleil, $P_m = U_m * I_m$.
- Rendement : Rapport de la puissance électrique optimale à la puissance de radiation incidente.
- Facteur de forme : Rapport entre la puissance optimale P_m et la puissance maximale que peut avoir la cellule : $V_{oc} * I_{cc}$.

I.4. L'unité de stockage :

Dans un système photovoltaïque, la puissance délivrée par le GPV est imprévisible et varie indépendamment de la demande. Ainsi, pour une installation PV autonome, l'unité de stockage est requise pour assurer un approvisionnement continu en énergie électrique. Parmi les nombreuses technologies de stockage, la batterie au plomb est la plus utilisée dans les installations PV autonomes. Ce type de batterie est connu pour son coût faible, son rendement (environ 85%), ses performances en température (fonctionnement en températures extrêmes), sa longue vie et sa grande disponibilité. Dans ce qui suit, certaines notions sur les batteries seront définies [21][22][23].

I.4.1. Batteries d'accumulateurs :

Le fait que l'énergie solaire ne soit pas disponible sur l'ensemble d'une période de fonctionnement du système alimenté impose l'utilisation de batteries dans les installations autonomes pour stocker l'énergie.

Dans les systèmes solaires autonomes on utilise principalement:

- Les batteries au plomb: Elles constituent l'écrasante majorité du marché des accumulateurs. Sa bonne maîtrise technologique, son bas coût de revient, son bon

rendement énergétique de charge/décharge. Ses conditions d'utilisation non difficiles à satisfaire militent en faveur de sa large utilisation.

- Les batteries au Nickel Cadmium: Elles sont les plus chers, mais aussi très résistant aux surcharges et aux décharges, et résistent bien aux basses températures.

I.5. Régulateurs

Dans tout système photovoltaïque autonome, on intercale un système dit de régulation, qui sert à contrôler l'intensité de courant qui passe par les accumulateurs, les protégeant ainsi contre les surcharges et les décharges profondes, afin de maximiser sa durée de vie. Le régulateur permet aussi d'effectuer un transfert optimal d'énergie du champ photovoltaïque à l'utilisation [24].

I.5.1 Principe de fonctionnement des régulateurs

Information sur l'état de charge: La densité de l'électrolyte de la batterie est théoriquement un excellent indicateur d'état de charge, mais souvent cet indicateur ne prend sa valeur caractéristique que plusieurs jours après sa charge. De plus, il faudrait agiter l'électrolyte pour faire une bonne mesure. Enfin, cette mesure est difficile à automatiser.

Enfin, l'indicateur utilisé est la tension aux bornes de la batterie. Cette grandeur est la seule facilement mesurable capable de donner une estimation de l'état de charge.

La figure (I.7) représente un schéma électronique de principe qui traduit le fonctionnement d'un régulateur basé sur un comparateur de tension [24].

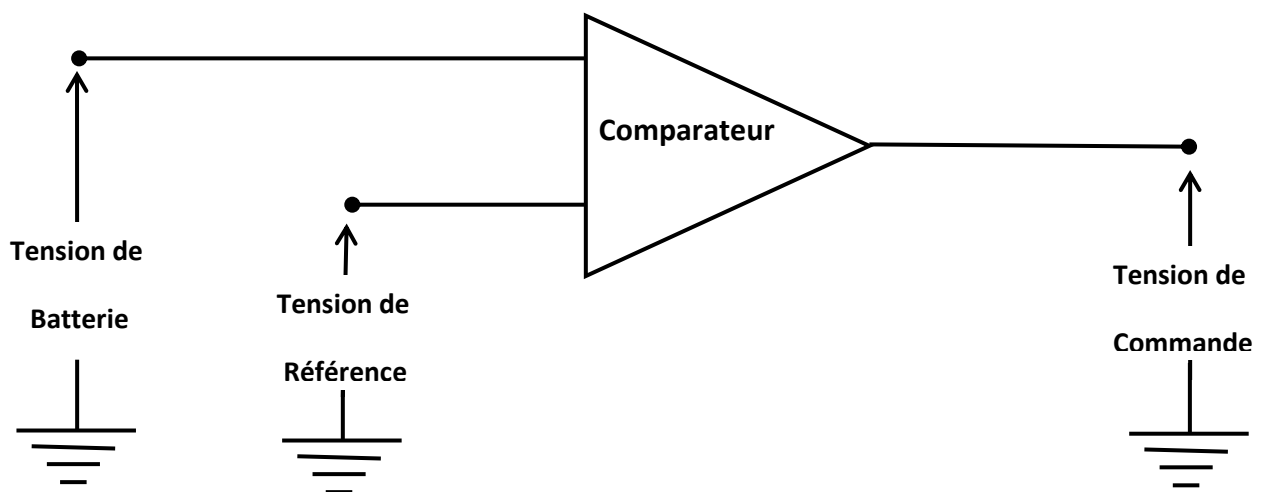


Figure I.7: Schéma de principe d'un régulateur de charge.

Le régulateur doit maintenir l'état de charge des batteries entre deux seuils, un seuil haut et un seuil bas. Pour éviter tout phénomène de battement de la régulation, ces deux seuils sont doublés de seuils de réenclenchement qui peuvent être ou non confondus. Le choix des seuils de régulation dépend des caractéristiques des batteries et des conditions d'utilisation (régime de charge, décharge, température,....).

Il existe plusieurs types de régulateur, on peut citer deux types, le régulateur série et le régulateur parallèle.

I.5.2. Régulateur parallèle

Le circuit de débordement est connecté en parallèle sur le générateur pour dissiper l'énergie en excès. Le principe est décrit sur la figure 1.5, où la tension de fin de charge est ajustable par la tension de référence appliquée à l'entrée d'un amplificateur opérationnel.

Les principaux avantages de ce type de régulateur sont :

- La régulation de type proportionnel
- L'absence de la chute de tension dans le circuit série
- La consommation du régulateur négligeable
- Un défaut du régulateur n'interrompt pas la charge

Le principal inconvénient est le suivant :

- Les composants doivent dissiper la puissance totale du générateur

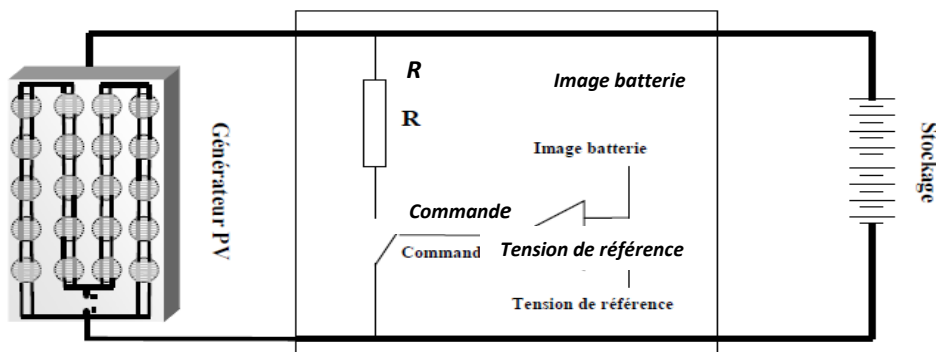


Figure I.8 : Régulateur parallèle

I.5.3. Régulateur série

Le principe de la régulation série est décrit sur la figure 1.6. C'est un composant électronique de puissance en série dans le circuit de charge dont la commande est assurée par une tension de référence. Le schéma ci-dessous donne un exemple possible de circuit série. Le composant électronique série (par exemple : un transistor de puissance) se comporte comme une résistance dont la valeur augmente au fur et à mesure qu'augmente l'état de charge de la batterie.

Les principaux avantages en sont :

- La régulation de type proportionnel
- La puissance faible dissipée dans le circuit série comparée à la puissance du générateur PV

Les principaux inconvénients en sont

- Le circuit série introduit une chute de tension
- La défaillance du circuit série entraîne l'arrêt de la charge

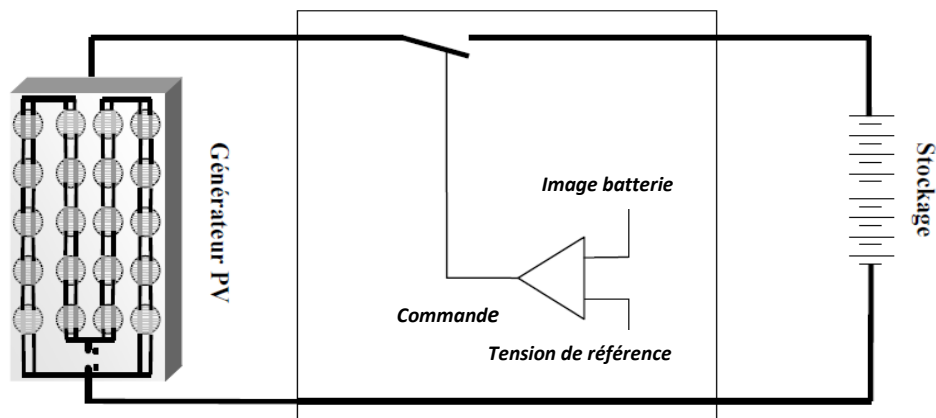


Figure I.9 : Régulateur série

I.6. Onduleurs

Pour alimenter des équipements fonctionnant en courant alternatif, un dispositif électronique statique de conversion ou convertisseur DC/AC est utilisé pour la transformation du courant continu en courant alternatif.

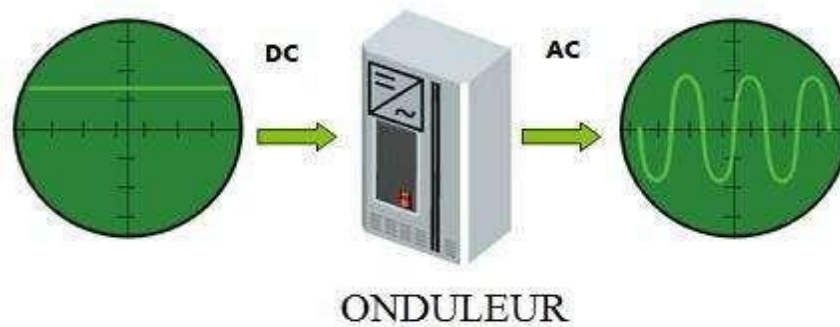


Figure I.10: Onduleur

I.7. Convertisseur DC/DC

La figure I.11 montre la représentation d'un convertisseur DC/DC, qui peut être utilisé comme interface entre la source et la charge [25].

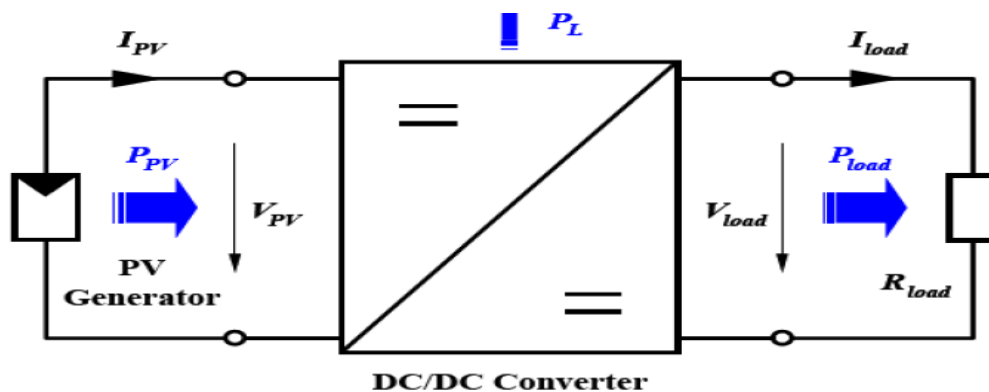


Figure I.11 : Convertisseur DC/DC

Le rôle du convertisseur DC/DC (dans le cadre du PV) est de faire l'adaptation entre la source (GPV) et la charge pour un transfert de puissance maximal. Ceci est fait en maintenant le PF sur ou assez proche du MPP pour n'importe quelles conditions de fonctionnement (rayonnement, température, caractéristique de charge, etc.).

I.8. Charge (utilisateurs) :

Il existe deux types d'appareils alimentés par le système, celles qui fonctionnent en courant continu comme des équipements de télécommunications, le pompage d'eau, et celles en courant alternatif dans les cas d'usage domestique, ce cas nécessite un onduleur.

L'utilisation de l'énergie photovoltaïque doit être pensée en termes d'économie de l'énergie. Il est donc plus avantageux de chercher des consommateurs fonctionnant en courant continu plutôt que d'ajouter un onduleur et un consommateur en 220 Vac [7].

I.9. Mise en place du système

Pour que le dimensionnement soit raisonnable, il faut qu'on assure une mise en place meilleure de notre système. Il est donc indispensable que le générateur puisse capter le plus d'énergie solaire possible. Pour les accumulateurs, leur fonctionnement et leur durée de vie dépendent autant de leur installation que des conditions d'utilisation.

I.12. Idée sur le coût du système

Pour le calcul du prix de revient de l'installation, on fait la somme des prix de chaque équipement ou accessoire utiliser, et cela quand on terminera le dimensionnement du système pour savoir le nombre de modules et celui des batteries ainsi que les divers appareillages intervenant lors de la mise en place de l'installation.

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 et les éléments de base d'un système photovoltaïque autonome.

Conception et dimensionnement de l'installation autonome

II.1. Introduction

La conception et le dimensionnement d'un champ photovoltaïque précis est en réalité un processus relativement complexe car il y a de nombreux paramètres à prendre en considération, une certaine dose d'impondérable (la météorologie), et surtout de multiples interactions entre les choix. Par exemple, la consommation du régulateur de charge, de l'onduleur, de la batterie, doivent être ajoutés à celle des récepteurs pour définir la consommation totale du système. Or, le choix de ces paramètres dépend de la taille du champ photovoltaïque, lui-même déterminé par la consommation... Donc la conception d'un système photovoltaïque est le résultat d'une optimisation réalisée par itérations.

Les étapes ci-dessous nous présentent de façon détaillée la démarche à suivre pour concevoir un système photovoltaïque autonome.

- Etape 1 : L'estimation des besoins journaliers de l'utilisateur en électricité(en Wh/j)
- Etape 2 : Evaluation du gisement solaire local
- Etape 3 : Estimation du champ photovoltaïque (tension et puissance crête installée nombre de modules)
- Etape 4: Estimation de la capacité de stockage de la batterie et choix de la Technologie
- Etape 5: Dimensionnement des câbles et plan de câblage
- Etape 6 : Choix du régulateur et de l'onduleur

II.2. Etape 1 : L'estimation des besoins journaliers de l'utilisateur en électricité

Il s'agit d'estimer la consommation d'équipements supposés connus. L'objectif est d'obtenir la consommation totale moyenne par jour et par période (été, hivers, vacances...) L'énergie totale moyenne nécessaire chaque jour E (Wh/j) est la somme des consommations énergétiques des divers équipements constituant le système à étudier, à savoir la télévision, les lampes d'éclairage, les appareils électroniques, etc... ;

Elle est donnée par la loi suivante [26]:

$$E = \sum_i E_i \quad (\text{II.1})$$

Le temps moyen d'utilisation est plus délicat à cerner ; il faut le rapporter à :

- La saison ;
- Le nombre d'occupants ;
- Le mode d'utilisation.

Pour les équipements qui ne sont pas utilisés quotidiennement et pour tous les équipements à forte consommation, partez de la durée du cycle de fonctionnement de la tâche. Ainsi, la consommation de chaque équipement peut être calculée comme suit [26]:

$$E_i = P_i \times t_i \quad (\text{II.2})$$

L'énergie journalière consommée d'un équipement Wh/j = la puissance de cet équipement W × le temps d'utilisation (h)

II.2.1. Evaluation des besoins

Le kWh solaire est cher, il faut procéder à une économie d'énergie au niveau des récepteurs par une technologie de basse consommation ou remplacer le parc existant par un autre sous tension continue. Même s'ils sont onéreux à l'achat, le coût global sera bien moindre car il faudra moins de modules photovoltaïques et de batteries pour les alimenter.

II.2.2. Choix des appareils électriques et leur adaptation au système PV

Le système PV peut s'adapter à tout, mais il sera souvent rentable d'y adapter des appareils qui consomment particulièrement peu ou qui sont capables de fonctionner directement en basse tension. Par exemple: les sources lumineuses les plus adéquates sont des luminaires à tubes fluorescents de petite puissance, 8 à 20W. Leur efficacité est très bonne et leur utilisation très satisfaisante.

II.2.3. Présentation de l'habitat

L'ensemble d'habitations située dans la ville de Ouled Sidi Brahim qui se trouve dans la willaya de M'silla.

II.2.4. Description de maison

Nombre de pièce: cette maison est constituée à 2 chambres est un salon et la cuisine et salle de bain, hall.

La pièce	L'équipement électrique
Salon	- TV - Dèmo - 2 lampes (20 w)
Chamber 01	- TV - Dèmo - Une lampe (20 w)
Chamber 02	- Une lampe (20 w) - PC
Cuisine	- Une lampe (20 w) - Refrigerateur
Hall	- 2 lampes (20 w)
Salle de bain	- Une lampe (8 w) - Machine a laver - Pompe d'eau
Water-closet	- Une lampe (8 w)

Tableau II-1: La pièce et L'équipement électrique dans la maison.

Type d' Equipments	Equipments	Puissance (w)
Eclairage	- 2 lampes (8w)	16
	- 7 lampes (20 w)	140
Electroménager	- Machine à lave	2000
	- Refrigerateur	130
Electroniques	- Télévision	135
	- Démo	30
	- PC	150
Divers	- Pompe d'eau	800

Tableau II-2: L'équipement électrique et leur puissance dans cette maison

II.2.6. Cahier des charges

Bilan des puissances de notre maison (tableau II-1) ci-dessous pour optimiser la consommation journalière, nous prenons par compte toutes les pertes de system (les rendements des composants) pour présenté le cahier des charges. Les récepteurs seront alimentés par un onduleur. On considère que l'onduleur est bien utilisé (rendement de conversion est alors de 95%, le rendement de régulateur est 98%, le rendement de batterie est 90%). Ainsi la puissance à fournir à l'onduleur pour disposer à sa sortie de l'énergie nécessaire aux récepteurs AC.

Estimation de la consommation d'énergie électrique :

Equipments	P (w)	Number	Rendement de B.O.S	Consommation journalière (Wh/j)
Lampe (20 w)	20	7	0,8	1241,2
Lampe (8 w)	8	2	0,8	38,19
Machine à laver	2000	1	0,8	4773,84
Réfrigérateur	130	1	0,8	775,75
Télévision	135	2	0,8	1933,40
Démo	30	2	0,8	429,64
PC	150	1	0,8	537,10
Pompe d'eau	800	1	0,8	1910
Consommation journalière moyen (Wh/j)				11638,62

Tableau II-3: Consommation d'une maison

II.3. 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 [27].

II.3.1. Orientation et inclinaison des modules

La position des modules photovoltaïques par rapport au soleil influe directement sur leur production énergétique. Il est très important de bien les placer pour les utiliser au maximum de leur possibilité. On appelle orientation, le point cardinal vers lequel est tournée la face active du panneau (Sud, Nord, Sud-ouest...). L'inclinaison indique l'angle que fait le panneau avec le plan horizontal, elle se compte donc en degrés, figure (II-2).

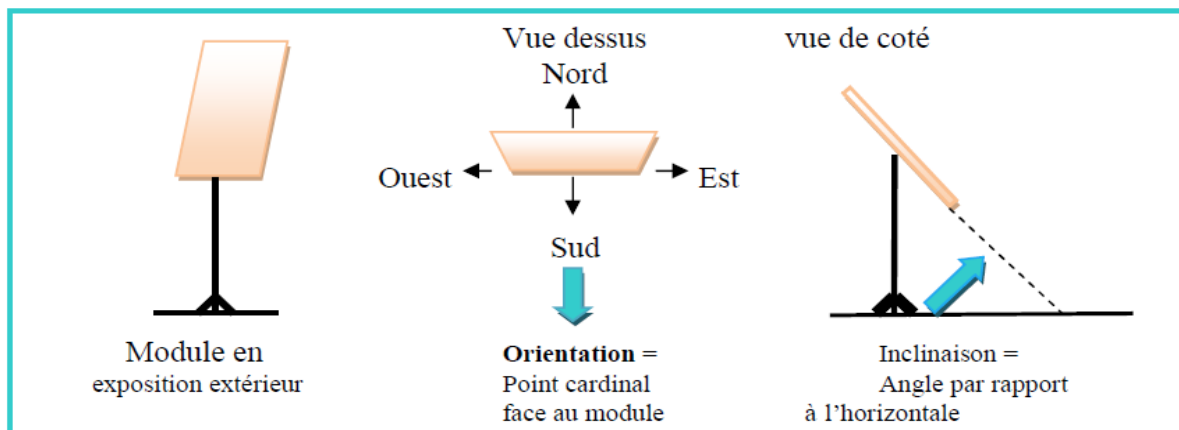


Figure II.1: Définition de l'orientation et de l'inclinaison d'un panneau

L'orientation idéale d'un module photovoltaïque obéit à une règle vers l'équateur :

- Orientation *vers le sud* dans l'hémisphère *Nord* ;
- Orientation *vers le nord* dans l'hémisphère *Sud*.

En ce qui concerne l'inclinaison, c'est un peu plus compliqué. Si on prend le cas d'une application autonome qui consomme une énergie quasi constante tout au long de l'année. L'hiver étant la période la moins ensoleillée, c'est à cette période qu'il faut optimiser la production. Les panneaux doivent donc pouvoir récupérer l'énergie d'un soleil dont la hauteur est faible. Il en résulte qu'en Algérie pour une utilisation annuelle, l'inclinaison idéale est environ égale à la latitude du lieu + 10° (pour une orientation sud).

Cela donne à M'sila plus exactement dans le site qu'on étudie 'Ouled sidi brahim', l'orientation sud et inclinaison à 30° par rapport à l'horizontale [28].

II.4. Etape 3 : Estimation du champ photovoltaïque (tension et puissance crête installée nombre de modules)

II.4.1 Choix de la tension du système

C'est très important de choisir la tension de travail du système en courant continu, car cette tension en fonction de la charge influe directement sur le choix des systèmes de conversion et de régulation, ainsi que sur le câblage et aussi sur les appareils à usage domestique. On peut citer un exemple de choix de la tension suivant la puissance de la charge [29]:

Puissance crête (W_c)	< 500 W_c	500 W_c - 2KW c	>2KW c
Tension du système (V)	12 VDC	24 VDC	48 VDC

Tableau II.1: Les tensions du système correspondantes à chaque intervalle de puissance crête

II.4.2. Composition du champ photovoltaïque

Puisque notre puissance photovoltaïque nécessaire est bien établie, on compose un champ de modules en série/ parallèle. Bien entendu, il faut arrondir le nombre de modules à la valeur entière supérieure, et parfois au nombre pair supérieur quand il faut les câbler deux à deux. [28].

II.4.3. Nombre des panneaux

On utilisant 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 nominale du système tel que :

$$PR = \frac{\text{rendemenet réel du système}}{\text{rendemenet nominale du système}}$$

Alors :

$$PR = \frac{Et / (Hgh * A)}{Pg^* / (Gt * A)} \quad (II.3)$$

$$PR = \frac{Et}{\frac{Hgh}{Gt} * Pg^*} \quad (II.4)$$

Pg^* : La puissance crête de GPV au STC.

Gt : 1000 w/m².

Hgh : L'irradiation journalière mensuelle moyenne sur le place de GPV (Wh/m²/j).

Et : Énergie consommée ramenée au GVP (Wh/j).

On peut calculer le nombre total des modules PV à installer (on se base sur la puissance nominale du module P_m)

On a :

$$Pg^* = N_{Tm} * Pm^* \quad (II.5)$$

N_{Tm} : Nombre totale des modules PV.

Alors :

$$N_{Tm} = \frac{Et}{\frac{Hgh}{Gt} * PR * Pm^*} \quad (II.6)$$

Calcul de nombre de modules en série et parallèle

On a

$$Nms = \frac{Vdc}{Vm^*} \quad (II.7)$$

Vdc : Tension DC nominal du système.

Vm^* : Tension nominal d'un module.

$$N = \frac{N_{Tm}}{Nms} \quad (II.8)$$

II.5. Etape 4: Estimation de la capacité de stockage de la batterie et choix de la Technologie

Pour déterminer la capacité de stockage on doit trouver par compte les paramètres suivants :

- La profondeur maximale de décharge **DODmax** : le niveau de décharge à atteindre avant la déconnexion de l'utilisation par le régulateur pour protéger la batterie ;
- les jours d'autonomies.

Il est de plus possible d'apporter les corrections suivantes :

- Correction due à la profondeur de décharge limitée entre 50 % et 75 % selon le constructeur.
- Correction due au rendement énergétique de la batterie (~ 80 %).

II.5.1. Calcule la capacité de stockage

La capacité du stockage (Wh) est égale à :

$$C(Wh) = \frac{Et \cdot N_{aut}}{DOD_{max}} \quad (II.9)$$

DODmax : La profondeur maximale de décharge.

Naut : Les jours d'autonomies.

Capacité en (Ah) (ampère heure) :

$$C(Ah) = \frac{C(Wh)}{V_{dc}} \quad (II.10)$$

Calcul de nombre d'éléments en série :

Nombre d'éléments en série est égal à :

$$N_{bs} = \frac{V_{dc}}{V_e} \quad (II.11)$$

V_e : Tension de l'élément batterie (V), donnée par le constructeur.

V_{dc} : tension DC nominal du système.

Calcul de nombre de branches en parallèle

Nombre de branches d'éléments en parallèle est égal à :

$$Nbp = \frac{C(Ah)}{Ce} \quad (II.12)$$

Ce : Capacité d'un élément batterie (Ah), donnée par le constructeur.

Le nombre total d'éléments batterie est décrit par la relation suivante :

$$Ne = Nbp * Nms \quad (II.13)$$

II.6. 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)
- courant d'emploi du circuit,
- longueur du câble (Km),
- résistance linéique du conducteur,
- tension nominale (V).

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

II.7. Etape 6: Choix de régulateur et de l'onduleur

II.7.1. Choix du régulateur

Le régulateur photovoltaïque, pièce centrale de l'installation, doit être compatible avec les autres éléments (champ photovoltaïque et parc de batteries), que contrôle la charge et décharge pour protégé les batteries.

Charge: GPV \rightleftarrows batteries

Décharge: batteries \rightleftarrows l'utilisation

Pour dimensionné un régulateur de charge en doit calculer le courant maximal qui circuler d'un l'installation de système PV.

Coté GPV / Batterie :

Le courant qui produit par le GPV est égale la somme des courant de branche de module parallèle

Alors :

$$I_{G'} = (I_{br} * N_p) * 1,25 \quad (II-14)$$

$I_{G'}$: Le courant qui produit par le GPV (A).

I_{br} : Le courant de branche de module parallèle (A).

N_p : Le nombre branche de module parallèle.

1,25: Facteur de sécurité pour éviter l'endommagement de régulateur.

Coté Batterie / utilisation :

Le courant de l'utilisation déterminé en prendre par compte tout les puissances en même temps

$$I_l = \left(\frac{P_{DC}}{V_{DC}} + \frac{P_{AC}}{V_{AC}} \right) * 1,25 \quad (II.15)$$

I_l : Le courant de l'utilisation (A).

P_{DC} : La puissance de charge DC (W).

V_{DC} : La tension DC nominale de système (V).

P_{AC} : La puissance de charge AC (W).

V_{AC} : La tension AC à la sortie de l'onduleur (V).

Le courant de régulateur :

$$IG = MAX(IG', II) \quad (II.16)$$

II.7.2. Choix de l'onduleur

Le choix de l'onduleur pour l'alimentation des équipements fonctionnant en courant alternatif on doit se référés aux paramètres suivants :

- La puissance nominal (W) :

Elle est largement inférieure à PAC, (il est conseillé de surdimensionné d'onduleur pour s'assurer qu'il fonctionne as ses rendement élevées).

- Tension nominal d'entrée (VDC)

C'est la tension de la batterie plus une certaine marge (en recevoir de la variante de la tension de batterie).

- Tension nominal de sorties VAC : c'est la tension efficace.
- Fréquence de fonctionnement (HTZ) =50HTZ
- Rendement : c'est la courbe donnant le rendement en fonction de taux de charge [30].

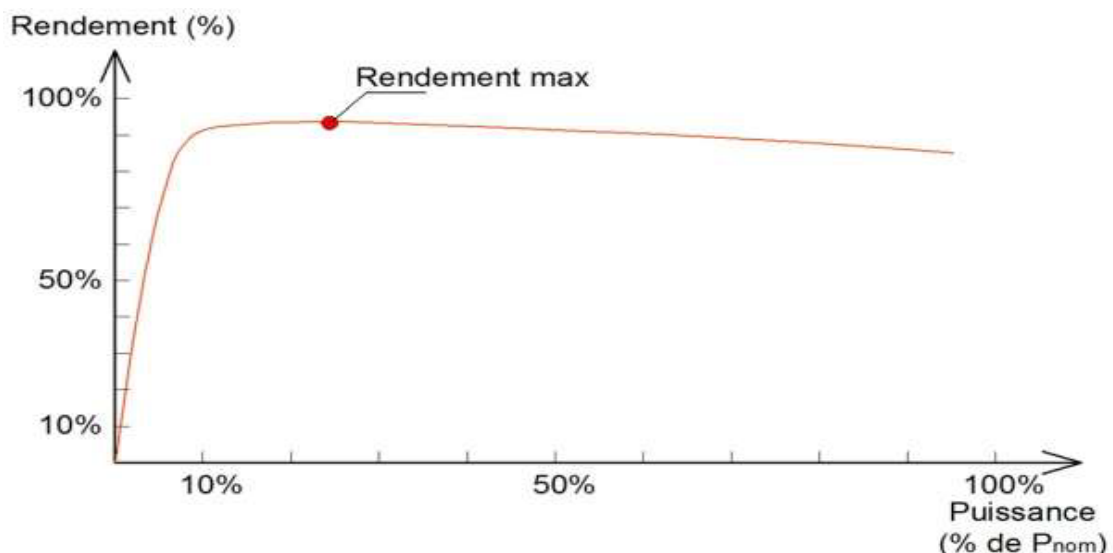


Figure II.2: Rendement d'onduleur photovoltaïque en fonction de taux de charge

Donc pour le choix de notre onduleur nous devons respecter les étapes suivant :

Etape 01 :

Calcule La puissance totale de toutes les charges à courant alternatif.

Etape 02 :

On distingue 3 cas :

- Si toutes les charges AC ne fonctionnent pas le même temps :
 $P_{on} \geq 0,75 P_{Ac}$.
- Si toutes les charges AC fonctionnent le même temps : $P_{on} \geq P_{Ac}$.
- Si toutes les charges AC à une durée important : $P_{on} \geq P_{Ac}$ (point).

Alors :

L'onduleur utilisé dans notre système est supérieur ou égale la puissance de point

$$P_{on} \geq 2387 W \text{ (Point).}$$

II.8. 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 [5].

II.9. 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 :

<i>Désignation du composant</i>	<i>Caractéristiques techniques</i>	<i>Puissance Installée (KWc)</i>	<i>Quantité</i>
Module	Module poly cristallin, Puissance 285Wc ; U nominal= 30V ; Rendement = 13 %; U mpp= 35,8 V; I mpp= 7,96 A; I nom= 7,9A ; Le courant de court-circuit Icc= 8,53 A ; La tension de circuit ouvert Uov= 44, 30 V.	2,3	8
Onduleur	Type monophasé, tension d'entrée 38 - 66 VCC ; Tension de sortie: 230 VAC +/-2% ; Fréquence: 50 Hz +/- 0,1% (1) ; Puissance du convertisseur : 2500 / 2250 W; Rendement =0.95.	2,3	1
Régulateur	Type de régulateur: PWM ; Tension de batterie: 12V/ 12V / 48V ; Courant de charge nominale: 60 A ; La puissance PV (max) en 48V : 4000 W ; La tension PV max: 125 V.	2,3	1
Batterie	Tension =6V ; Capacité= 204 Ah.	2,3	32

Tableau II-5 : Caractéristique technique des composants du système PV

II .10. Système d'éclairage public photovoltaïque autonome

L'éclairage public solaire n'utilise pas l'énergie du réseau électrique, seulement il utilise l'énergie électrique produite naturellement par la conversion des rayons du soleil en courant électrique à partir du module photovoltaïque, cette énergie stockée dans des

batteries puis restituée la nuit pour assurer l'éclairage, c'est pour ça nous avons proposés l'éclairage public photovoltaïque autonome comme solution pour les sites isolés.

II .10.1. Description du système

Le système d'éclairage public autonome photovoltaïque a été conçu et dimensionné pour fonctionner durant 12 heures chaque nuit avec une réduction du flux lumineux si cela s'avère nécessaire. Le système possède une autonomie d'environ 4 jours en cas de période sans soleil prolongée.

Le circuit électronique fonctionne sous une tension nominale de 12V ou 24V et intègre un régulateur de charge de type PWM équipé de la technologie MPPT (Maximum Power Point Tracking). Le régulateur possède aussi un système avancé de gestion de l'énergie (algorithme d'autogestion) destiné à réguler dynamiquement et automatiquement l'intensité du flux lumineux de la lanterne en fonction de la programmation horaire souhaitée et de la quantité d'énergie produite durant la journée (variation du coefficient d'irradiation solaire selon les périodes de l'année et variation de la durée des journées et des nuits selon les saisons) [31].

II .10.2. Description technique

Le système d'éclairage public photovoltaïque complet comprend :

- Un ou deux module(s) photovoltaïque(s) monocristallin ou polycristallin dont la puissance totale est calculée spécifiquement en fonction :
 - L'irradiation solaire.
 - Le nombre d'heures de fonctionnement.
 - Le mode de fonctionnement (automatique, pleine puissance, réduction de flux, etc.)
- Un système de régulation de charge et de contrôle électronique du dispositif intégrant une détection crépusculaire et une programmation par plage horaire.
- Un dispositif électronique de gestion d'alimentation des LEDs.
- Deux batteries stationnaires au plomb sans entretien d'une capacité de 100Ah chacune, soit une capacité totale de 200Ah.
- Un kit complet comprenant tous les câbles nécessaires au raccordement des différents composants du système.
- Une lanterne équipée de LEDs ultra puissantes à haut rendement lumineux. La lanterne existe en puissance de 48W.

- Une crosse de fixation de la lanterne.
- Un mât fuselé galvanisé d'une hauteur totale de 7,8 mètres et d'une hauteur de 7 mètres au dessus du sol. Section cylindrique de l'embase du mât 168 mm. Section cylindrique de la tête de mat 102 mm. Epaisseur du métal 4 mm.

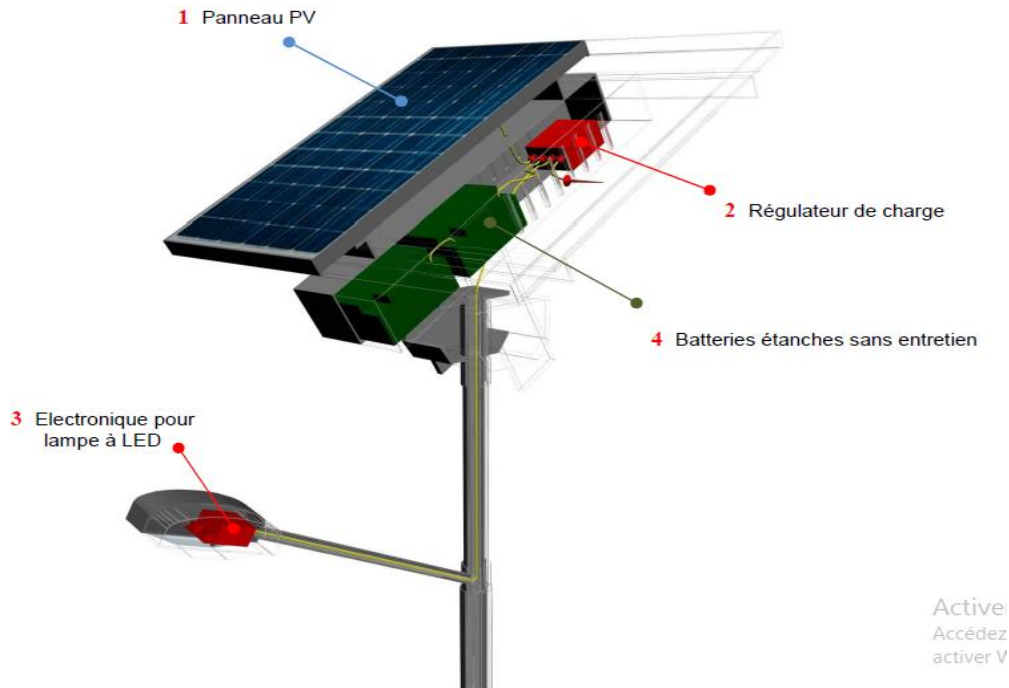


Figure II.3: système d'éclairage public autonome photovoltaïque

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté Les étapes nécessaires pour concevoir un système photovoltaïque autonome. Ainsi, le dimensionnement de chaque élément de la chaîne photovoltaïque.

L'éclairage public photovoltaïque autonome est une solution pour l'éclairage des sites isolés.

Simulation par PVsyst d'une installation photovoltaïque autonome

III.1. Présentation de 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 [32].

PVsyst V5.2 propose 3 niveaux d'étude du système PV, Ce qui correspond à peu près aux différentes étapes du développement du projet réel:

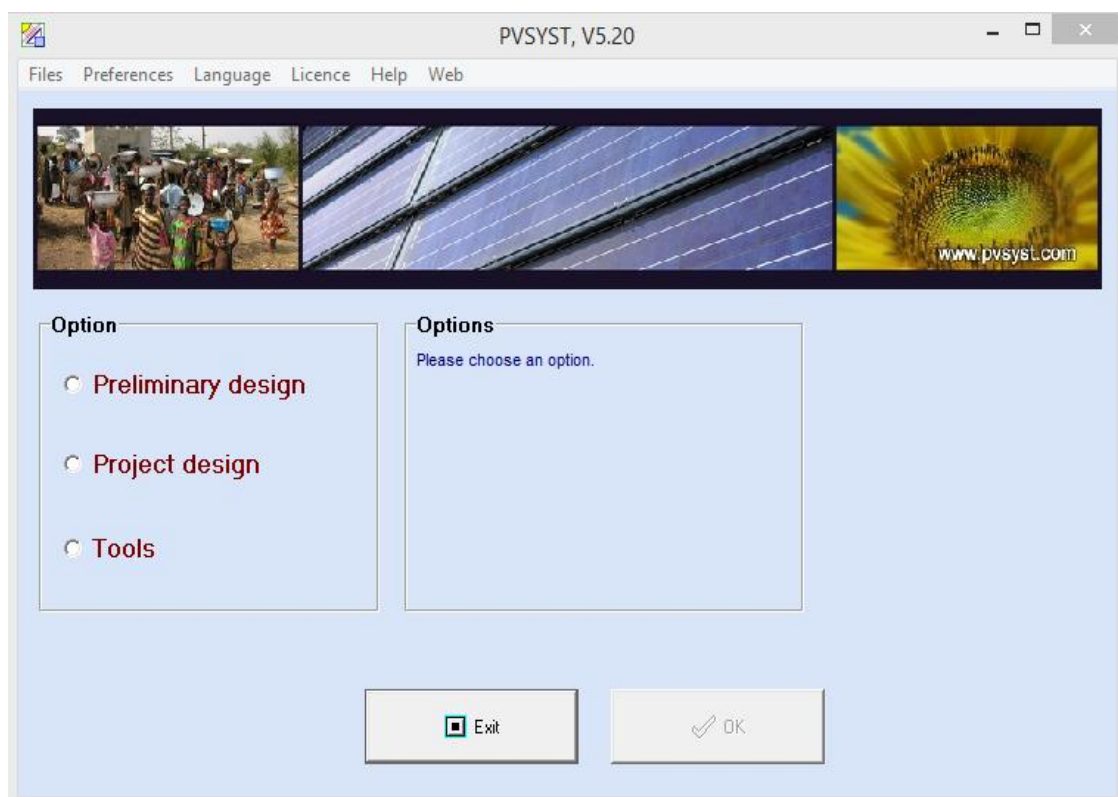


Figure III.1: menu principal de logiciel PVsyst

III.2.1. La conception préliminaire:

C'est l'étape qui préside d'un projet (pré-dimensionnement) pour une étude rapide et simple: on donne une location et un système puis le logiciel calcul quelques paramètres de pré dimensionnement ainsi qu'un graphe de production énergétique annuelle, un graphe d'irradiation par mois, un tableau récapitulatif et une étude de coût.

Pour les systèmes autonomes cet outil permet à la taille de la capacité de puissance de PV et la batterie nécessaire, compte tenu du profil de charge et la probabilité que l'utilisateur ne sera pas satisfaite (perte de charge" LOL probabilité, ou de manière équivalente la "fraction solaire" souhaitée).

III.2.2. Conception du projet:

Il vise à réaliser une conception approfondie du système en utilisant des simulations horaires détaillées.

Dans le cadre d'un « projet », l'utilisateur peut effectuer différents essais de simulation du système et de les comparer. Il doit définir l'orientation du plan (avec la possibilité de suivre des plans ou un hangar de montage), et de choisir les composants spécifiques du système. Il est assisté dans la conception du réseau de PV (nombre de modules PV en série et parallèle), étant donné un modèle d'onduleur choisi, la batterie ou de la pompe.

Dans une deuxième étape, l'utilisateur peut spécifier des paramètres plus détaillés et analyser les effets fins comme comportement thermique, le câblage, la qualité du module, inadéquation et l'angle d'incidence des pertes, l'horizon (loin ombrage), ou ombrages partiels d'objets près de la baie, un etc...

Pour les systèmes de pompage, plusieurs conceptions de système peuvent être testés et comparés les uns aux autres, avec une analyse détaillée des comportements et de l'efficacité.

Les résultats comprennent plusieurs dizaines de variables de simulation, qui peuvent être affichées dans les valeurs mensuelles, quotidiennes ou horaires, et même transférés à d'autres logiciels. La "perte Diagramme" est particulièrement utile pour identifier les faiblesses de la conception du système. Un rapport d'ingénieur peut être imprimé pour chaque exécution de la simulation, y compris tous les paramètres utilisés pour la

simulation, et les principaux résultats. Une évaluation économique détaillée peut être effectuée en utilisant les prix des composants réels, les coûts supplémentaires et les conditions d'investissement.

II.2.3. Outils:

Permet de modifier les bases de données et d'utiliser des outils du programme sans pour autant créer un projet complet.

III.3. Présentation de projet:

Dans ce projet, nous avons présenté une installation PV autonome pour alimenter une agglomération d'un ensemble d'habitation que cette comporte village de 40 maisons, l'éclairage public. Le site étudié est situé au niveau de la commune de Ouled Sidi Brahim, wilaya de M'sila.

III.3.1. Données géographique

Caractéristiques	Latitude en degré °	Altitude en m	Longitude en degré °
Ouled Sidi Brahim (gmt+1)	35.2N	639	4.7E

Tableau III.1 : Tableau des données géographique du site d'Ouled Sidi Brahim



Figure III.2: site d'Ouled Sidi Brahim

III.3.2. Coordonnée géographique

Un site géographique est défini par:

- Son nom, pays et région du monde;
- Coordonnées géographiques : latitude, longitude, altitude et fuseau horaire;
- Données météorologiques mensuelles.

Paramètres du site géographique

Coordonnées Géographiques | Météo mensuelle

Lieu

Nom du site: Ouled Sidi Brahim

Pays: Algeria | Région: Afrique

Latitude: 35.20 (Decimal) / 35 12 (Deg. min.) (+ = Nord, - = Hemisph. Sud)

Longitude: 4.70 (Decimal) / 4 42 (Deg. min.) (+ = Est, - = Ouest de Greenwich)

Altitude: 639 M au-dessus du niv. de la mer

Fus. horaire: 1 Correspondant à une différence moyenne

Temps Légal - Temps Solaire = 0h 41m

Trajectoires du soleil

Imprimer

Nouveau Site | Exporter la table | Exporter la ligne | Importer

Annuler | OK

Figure III.3: coordonnée géographique de Ouled Sidi Brahim

III.3.3. Données météorologiques

Coordonnées Géographiques: Météo mensuelle

Site: **Ouled Sidi Brahim (Algeria)**

Source des données: PVGIS

	Irrad. Glob. kWh/m ² jr	Diffus kWh/m ² jr	Tempér. °C	Vit. vent m/s
Janvier	2.58	1.05	8.0	
Février	3.77	1.28	8.4	
Mars	5.43	2.00	12.2	
Avril	6.22	1.86	17.3	
Mai	7.16	2.14	20.8	
Juin	7.81	1.79	26.0	
Juillet	7.74	1.85	30.7	
Août	7.04	1.68	30.2	
Septembre	5.51	1.65	25.0	
Octobre	4.51	1.44	19.7	
Novembre	3.21	1.12	13.0	
Décembre	2.53	0.93	8.3	
Année	5.30	1.57	18.3	

Données requises:

- Irradiation globale horizontale
- Température ext. Moyenne

Données supplémentaires:

- Irradiation diffuse horizontale
- Vitesse du vent

Unités d'irradiation:

- kWh/m²jr
- kWh/m².ms
- MJ/m²jr
- MJ/m².ms
- W/m²
- Indice de clarté Kt

☀ Par défaut (de NASA-SEE)

Annuler OK

Figure III.4: Paramètres climatique de Ouled Sidi Brahim

Ces données résument les caractéristiques climatiques (l'irradiation et la température) du site d'Ouled sidi brahim, Il est conseillé de définir soigneusement la source des données:

PVGIS: (Photovoltaic Geographical Information System) Fournit un accès sur l'Internet aux données sur le rayonnement solaire et la température et aux outils d'évaluation de la performance PV pour n'importe quel endroit en Europe et en Afrique, ainsi que dans une grande partie de l'Asie.

III.4. Conception du projet:

On retrouve ici le même fonctionnement que dans "preliminary design" mais avec beaucoup plus de paramètres. Encore une fois, on choisi le type d'installation : connecté au réseau, déconnecté du réseau, système de pompe solaire ou connecté a un réseau continu.

On aura plusieurs néanmoins plus d'étapes : choix du projet et de ses variables, orientation du panneau solaire, définition de l'horizon (ombre lointaines), définitions des ombres proches, définition du système et enfin résultats. Les étapes définitions des ombres lointaines et proches sont facultatives, mais si on utilise la définition des ombres proche, il n'est pas très important de s'attarder sur le positionnement (inclinaison et azimuth) du panneau car on pourra le modifier dans la définition des ombres proches.

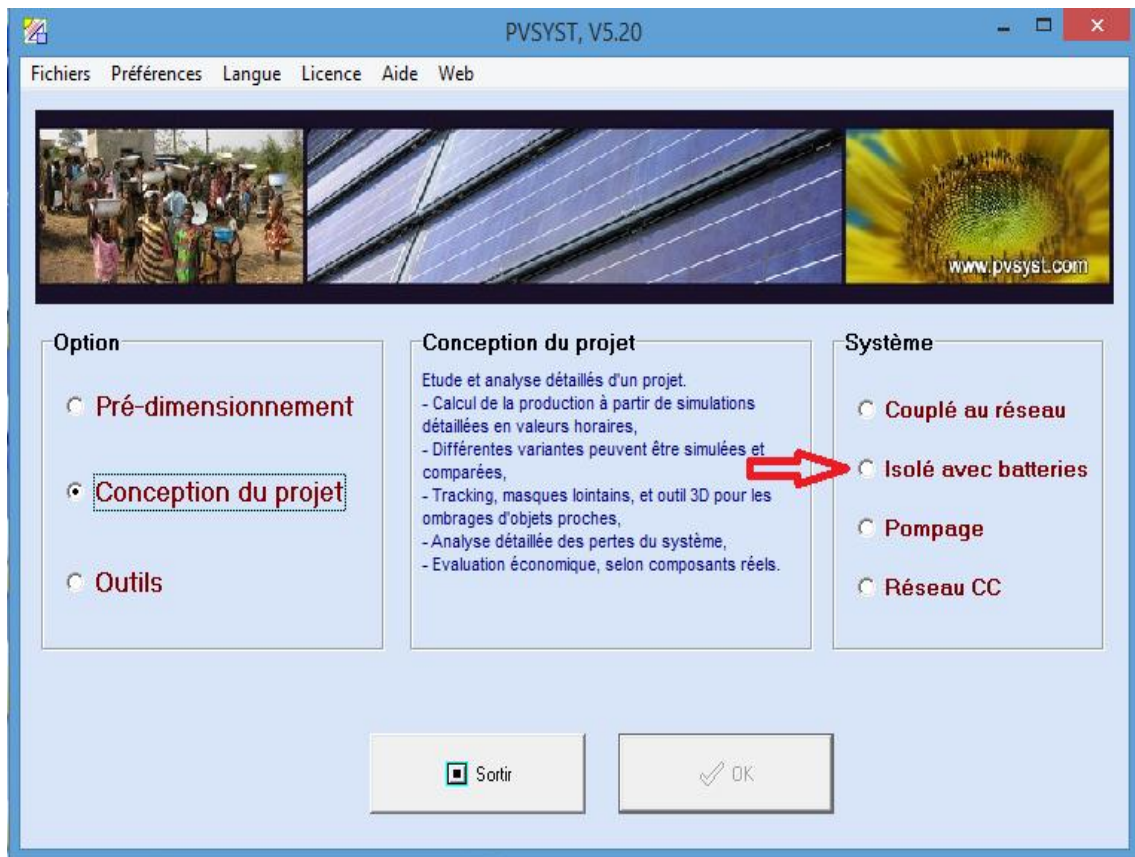


Figure III.5: Conception du projet

III.4.1. Les étapes de conception d'un système PV autonome

Cela donne une procédure étape par étape lors de la définition d'un système autonome en PVsyst:

- **Définition d'un profil de l'horizon:** est une opération très simple avec l'outil graphique PVsyst. L'horizon est une ligne brisée superposée sur le diagramme de trajectoire du soleil, qui peut contenir un nombre quelconque de hauteur / points d'azimut.

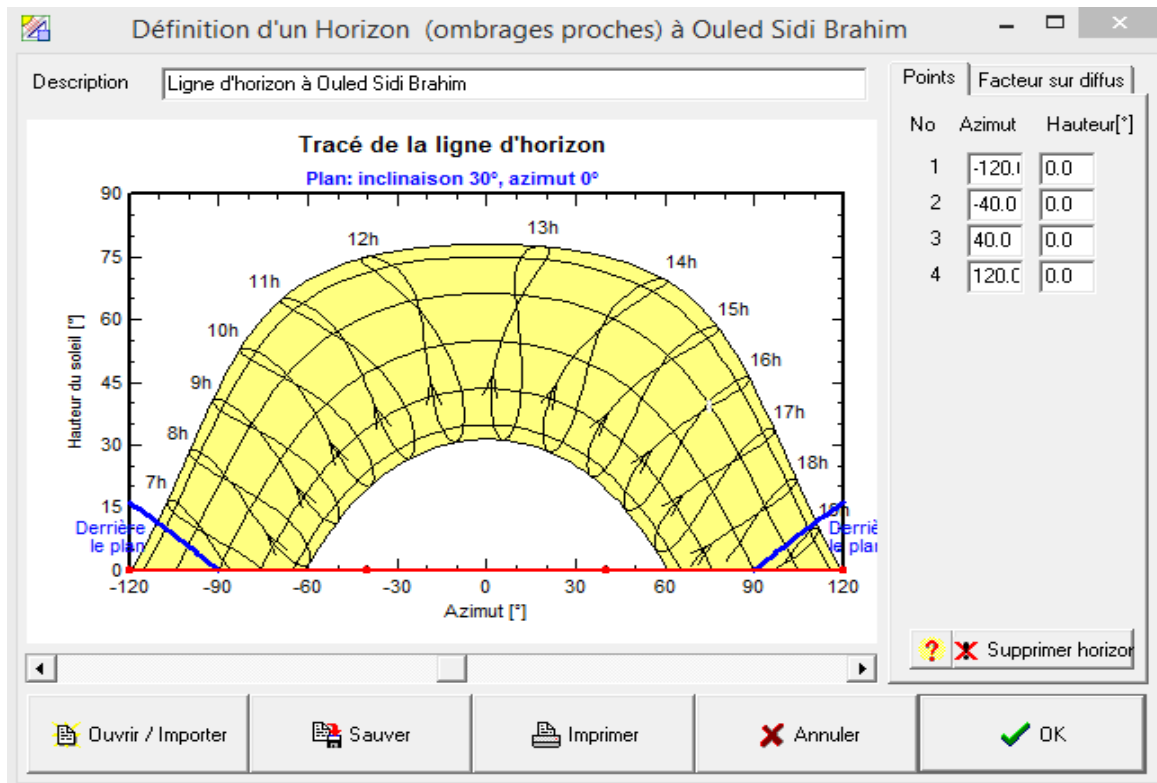


Figure III.6: horizon du Ouled Sidi Brahim

- **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 pla incliné fixe d'une inclinaison 30° (par rapport à l'horizontale) comme l'illustre la figure 30° c'est l'inclinaison optimale donnée par le logiciel PVSYST, en dehors de cette dernière le rendement diminue.

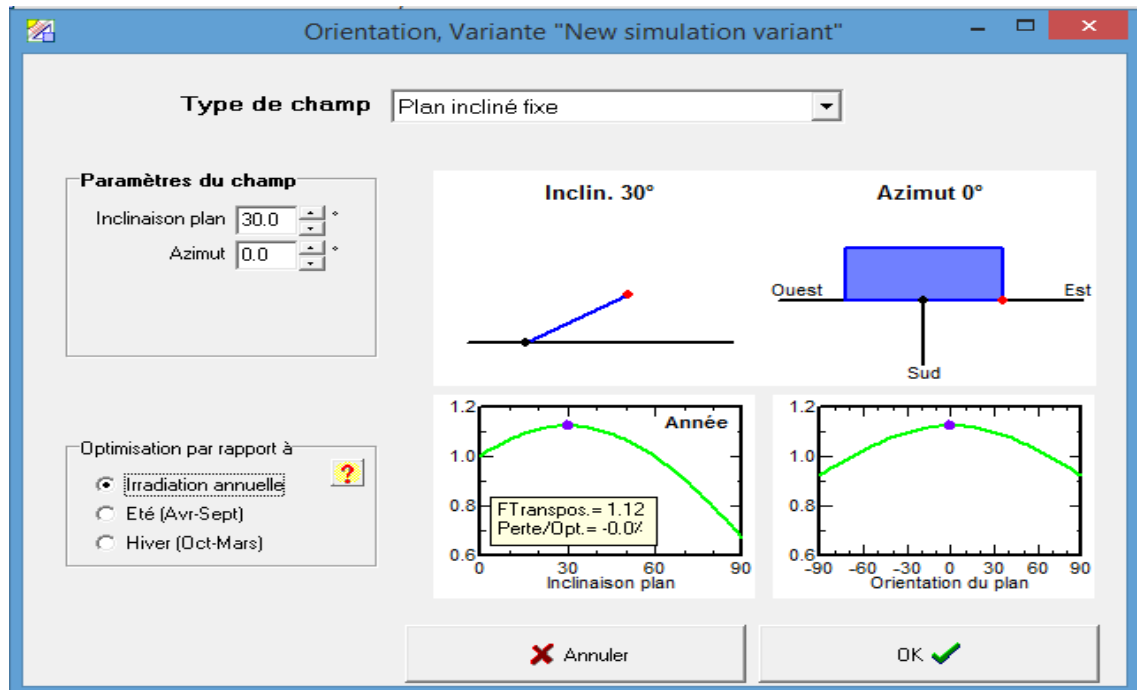


Figure III.7: angle d'orientation

Le facteur Transposition: est le rapport de l'irradiation incidente (GlobInc) sur le plan, à l'irradiation horizontale (GlobHor). C'est à dire. Ce que vous gagnez (ou en vrac) lors de l'inclinaison du plan du capteur.

- **La définition des besoins de l'utilisateur:** par défaut pour les petits systèmes, cela est proposé comme une liste des appareils ménagers et les détails de leur utilisation (peut être saisonnière ou mensuelle).

Pour les systèmes industriels ou plus grands, vous avez de nombreuses possibilités de définir un profil de charge (compris par une liste de valeurs horaires).

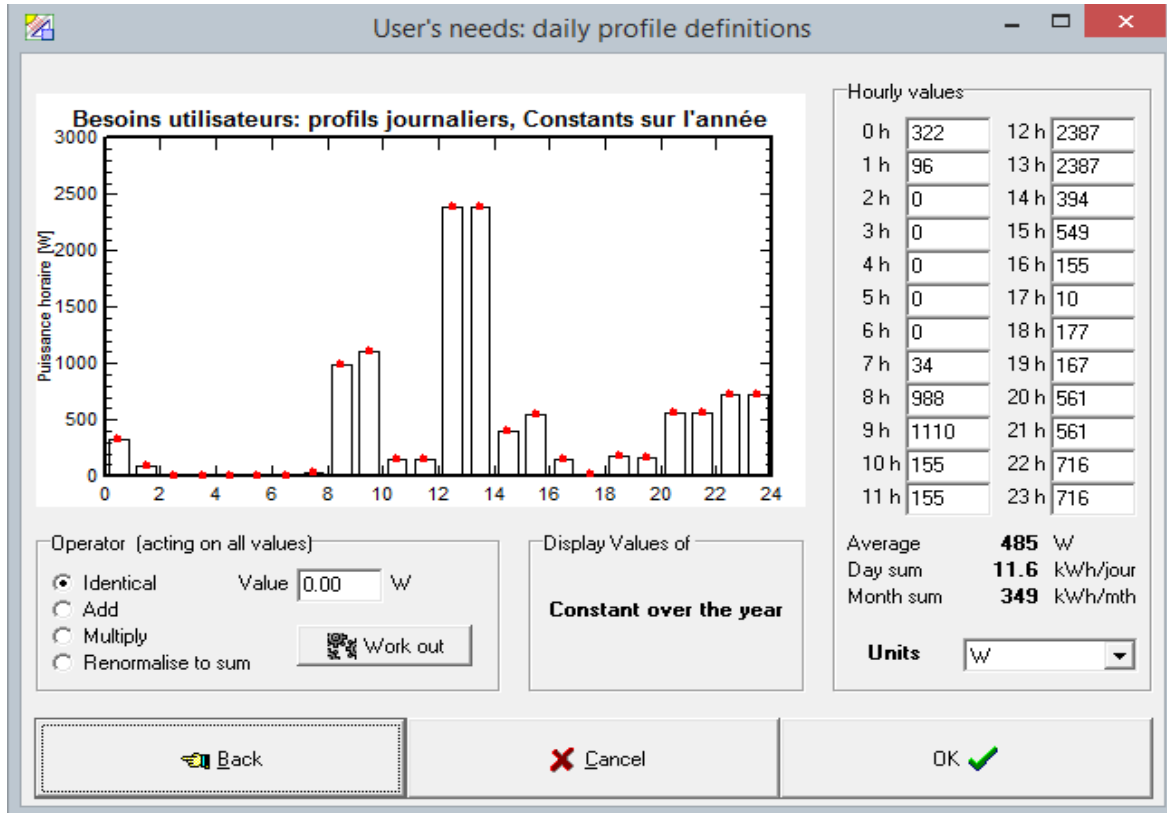


Figure III.8: la profile de charge et le temps d'utilisation

Définit un profil horaire au cours de la journée, afin de mieux correspondre le comportement de la batterie (et donc de mieux calculer son usure) , Donc l'énergie moyenne journalière consommée par la maison est de 11,6 kWh/jr et On remarque que le max consommation d'électricité enter 12h-14h avec 2387 w crête.

- **La définition du système autonome:** La conception de système est basée sur une procédure rapide et simple :
 - le system de stockage dans la base de données interne;
 - Choisir les modules PV dans la base de données interne.

Cette étape est divisée en 3 sous parties : " presizing help ", " select batterie " et "select modules".

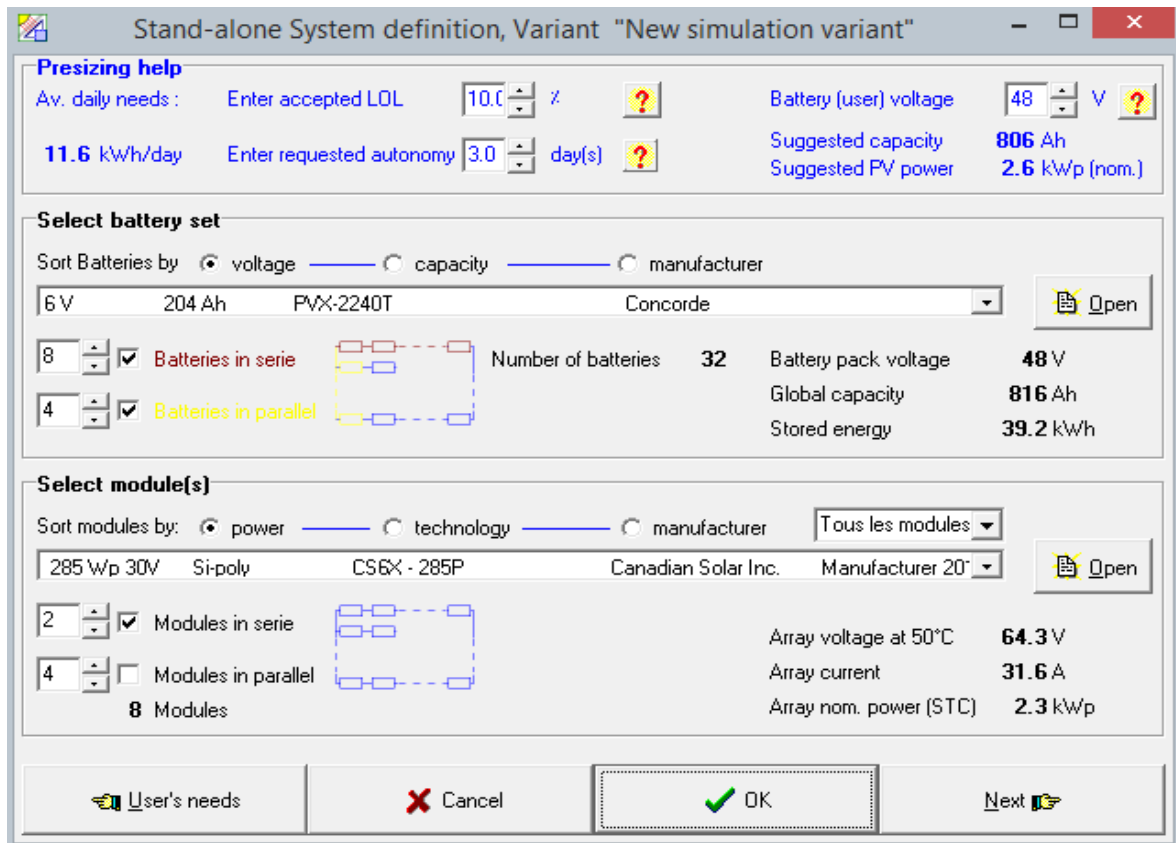


Figure III.9: la définition de system autonome

- **Presizing help:** (en haut) Les paramètres pour choisir le type du batterie donne des conseils au sujet de la banque de batterie requise et PV puissance de tableau.

Le calcul est basé sur vos fichiers et définitions ci-dessus météo. Vous devez définir :

- l'autonomie nécessaire (habituellement environ 3 jours),
- La probabilité acceptable que les besoins ne sont pas couverts par le système (PLOL pour "probabilité de perte de charge),
- La tension nominale de la banque de la batterie.

Le programme va alors effectuer un dimensionnement du système, de la même manière que dans la section "pré dimensionnement".

Vous avez également un bouton pour une étude de dimensionnement plus raffiné, pour différentes distributions météo, ou en fonction du paramètre PLOL.

Figure III.10: les paramètres pour choisir le type de batterie

PLOL (probability loss of load) perte de charge : Cette valeur est la probabilité que les besoins de l'utilisateur ne peuvent pas être fournis (à savoir la fraction de temps lorsque la batterie est déconnectée en raison de la sécurité du régulateur "Low de charge »). Il peut être compris comme le complément de la « fraction solaire » (bien qu'elle soit décrite en termes de temps plutôt que de l'énergie).

L'autonomie : C'est le nombre de jours consécutifs qu'en absence du soleil, le système doit être capable pour subvenir aux besoins énergétique.

- **Définition de système de stockage:** en choisissant un modèle de batterie (page "Storage").

=> Le programme proposera le nombre de batteries en série et en parallèle, selon les suggestions obtenues dans l'outil de pré-dimensionnement précédent.

Vous devez également définir les conditions de température de fonctionnement pour les batteries, en fonction de votre mise en œuvre du système.

Figure III.11: les paramètres de la batterie

- **Définition du champ photovoltaïque:** Choisir le type de module PV dans la base des données,

=> Le programme détermine le nombre de modules en série ou en parallèle, selon les conditions MPPT de batterie et voltage. Or puissance PV nécessaire.

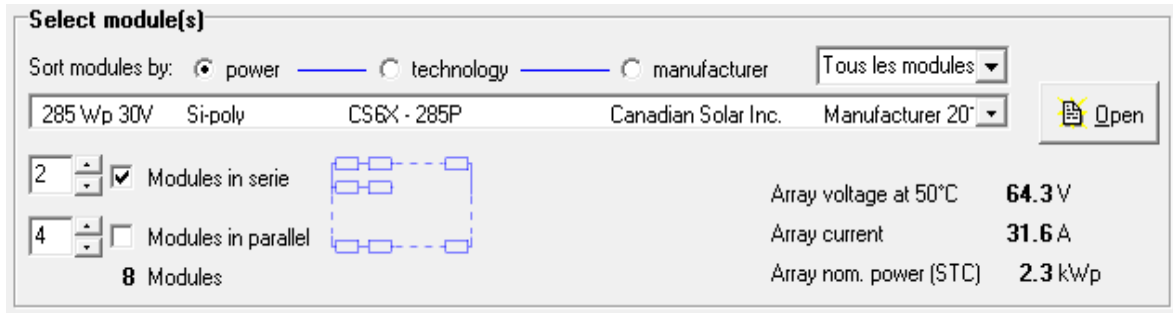


Figure III.12: les paramètres du champ PV

- **Le choix de stratégie de contrôle :** Dans le (couplage direct, MPPT ou convertisseur DCDC), il est conseillé de choisir le " Convertisseur MPPT ".

Le convertisseur MPPT est un système de conversion de puissance muni d'un algorithme de contrôle approprié permettant d'extraire le maximum de puissance que le GPV peut fournir.

NB : Avec la stratégie "de couplage direct", la tension du module photovoltaïque doit correspondre à la tension de la batterie en fonctionnement. Toute disparité se traduira par "pertes Pmpp".

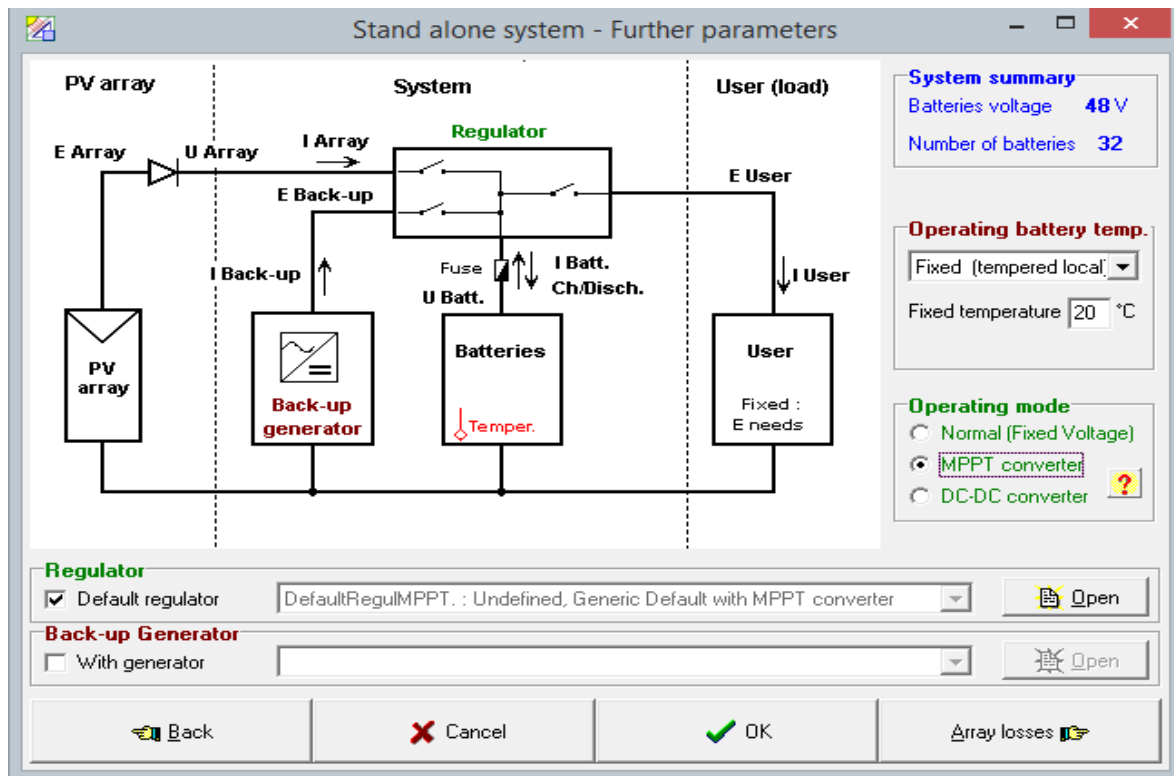


Figure III.13: le choix du régulateur

NB : Dans l'heure actuelle, vous ne pouvez pas définir un onduleur avec des systèmes autonomes:

Les besoins de l'utilisateur sont exprimés en termes d'énergie, quelle que soit l'utilisation courant continue ou alternative. Si vous avez un onduleur, vous devez augmenter les besoins de l'utilisateur, afin de rendre compte de son efficacité. Onduleurs autonomes seront bientôt disponibles, dans une version future.

Passez sur le bouton « Pertes détaillées » pour la définition de toutes les pertes du système, qui ont été définis à des valeurs par défaut raisonnables pour vos premières simulations.

Enfinement : Vous pouvez maintenant jouer avec ces paramètres, et récupérer les valeurs automatiques proposées en cliquant sur la case à cocher par défaut associée à tout moment.

Des avertissements seront affichés s'il y a des incompatibilités entre les paramètres choisis.

Figure III.14 : paramètres des pertes

III.5. Résultats et discussions de la simulation numérique

III.5.1. Paramètres du système (Isolé avec batteries)

Orientation plan capteurs Inclinaison 30° Azimut 0°

III.5.1.1. Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV Si-poly

Nombre de modules PV En série 2 modules En parallèle 4 chaînes

Nombre total de modules PV Nbre modules 8 Puissance unitaire 285 Wc

Puissance globale du champ Nominal(STC) 2,28 kWc Fonct à 50°C 2,03 kWc

Caractéristiques de fonct. à 50°C U mpp 64 V I mpp 32 A

Surface totale Surface modules 15.4 m² Surface cellule 14,2 m²

III.5.1.2. Caractéristiques du Batterie

Caractéristiques du banc de batteries Tension 48 V Capacité nominale 816Ah

Nombre d'unités 8 en séries x 4 en parallèles

III.5.2. Profile de charge

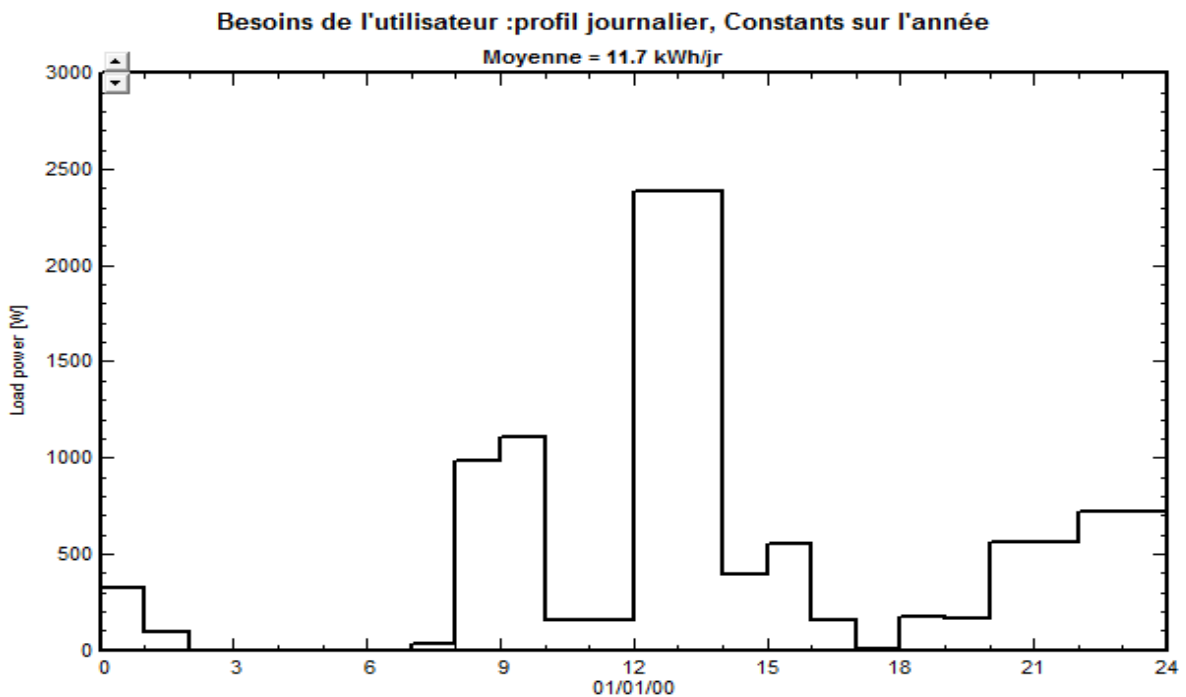


Figure III.15: profile de charge

L'énergie moyenne journalière consommée par la maison est de 11,7 kWh/jr et On remarque que le max consommation d'électricité enter 12h-14h avec 2387 wc.

III.5.3. performance ratio

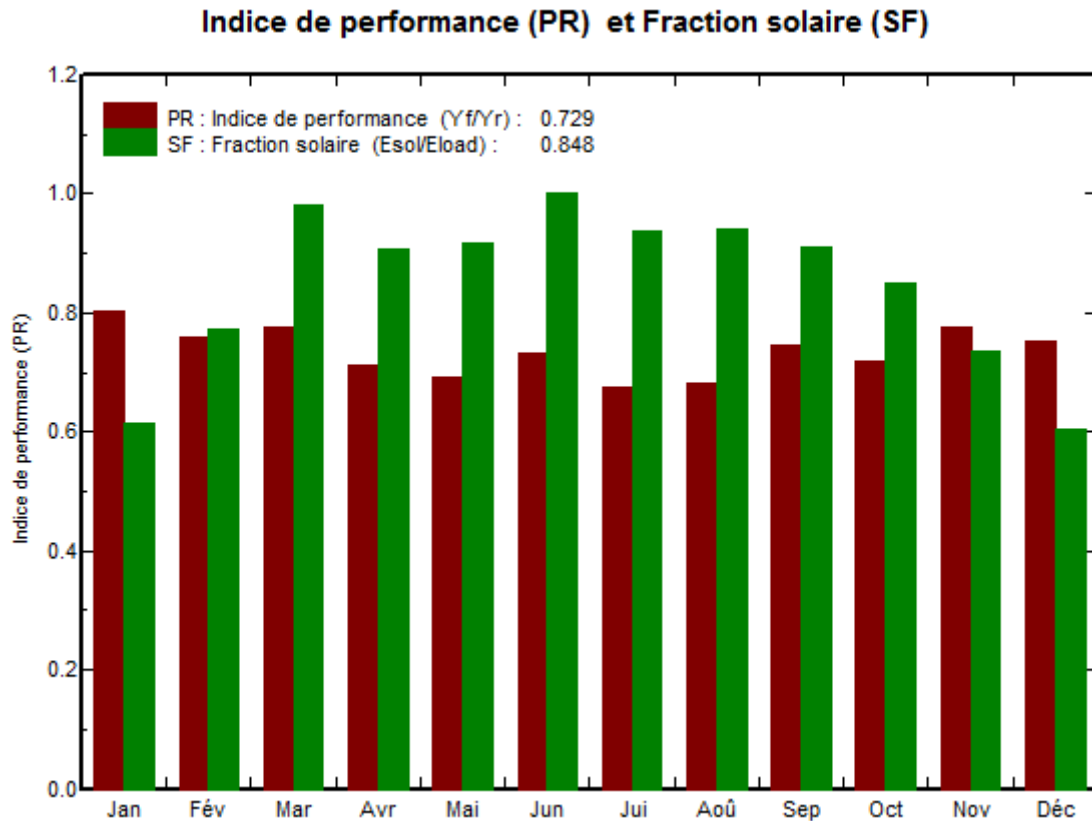


Figure III.16: indice de performance

La figure III.16 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 nominale du système tel que :

$$PR = \frac{\text{rendemenet réel du système}}{\text{rendemenet nominale du système}}$$

Dans ce cas l'indice de performance et : 72,9 %

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 : $\eta = 1 - PR$. Les pertes de cette système est : 27,1 %

η : les pertes dans le système peut sont aux (câblage, diodes, Mis marche, non suivre du PMM, etc.), Généralement < 25%

III.5.4. Les productions normalisées

La prédiction du système (à la sortie du stockage : **Yf**) est représentée sur la figure III.17 .Les pertes **Lc**, **Ls** et **Lu** sont les pertes correspondantes au champ PV, les pertes de système de stockage et l'énergie non utilisée, respectivement.

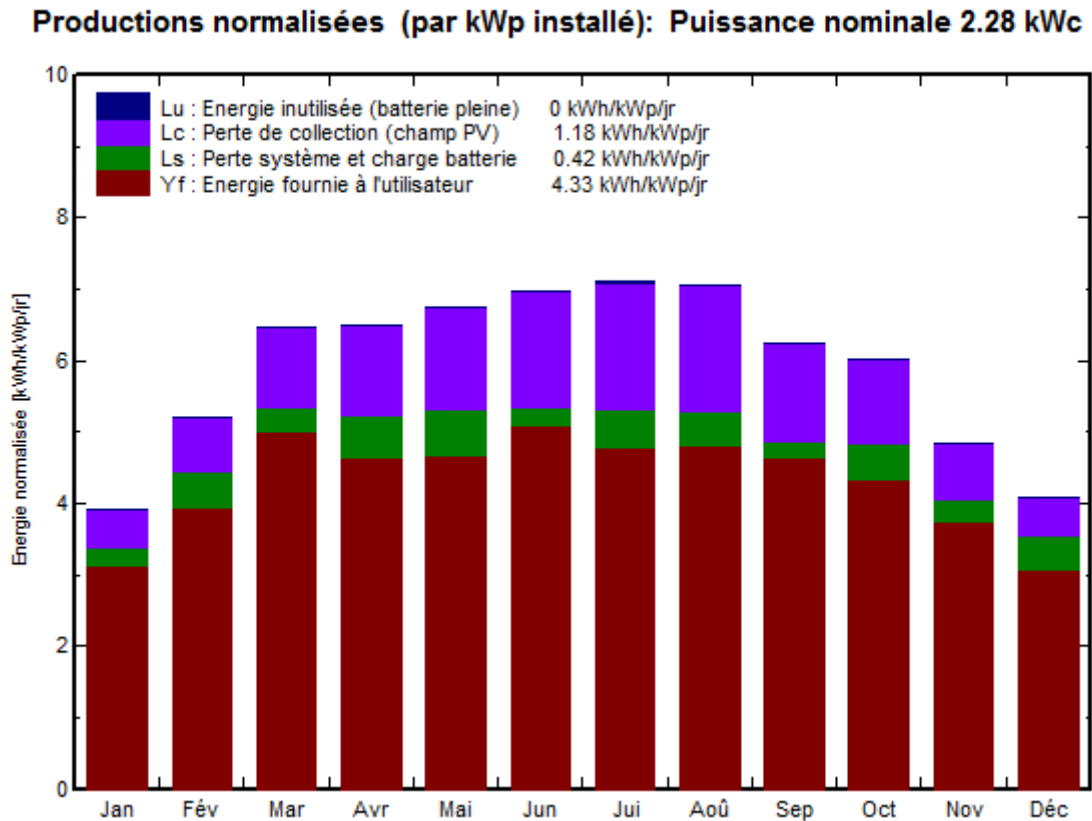


Figure III.17: Les productions normalisées

III.5.5. Bilan énergétique

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Avail kWh	EUnused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
Janvier	80.0	117.9	224.8	0.123	138.9	222.0	360.8	0.615
Février	105.6	142.0	268.2	0.034	74.0	251.9	325.9	0.773
Mars	168.3	194.5	356.7	0.146	6.8	354.1	360.8	0.981
Avril	186.6	189.4	338.6	0.276	32.4	316.8	349.2	0.907
Mai	222.0	203.1	355.0	0.387	29.8	331.0	360.8	0.917
Juin	234.3	202.5	346.0	0.498	0.0	349.2	349.2	1.000
Juillet	239.9	213.4	354.5	0.446	22.6	338.2	360.8	0.937
Août	218.2	212.6	354.7	0.281	20.7	340.1	360.8	0.943
Septembre	165.3	182.2	315.9	0.281	31.0	318.2	349.2	0.911
Octobre	139.8	181.4	324.0	0.037	54.5	306.3	360.8	0.849
Novembre	96.3	141.5	262.2	0.062	92.6	256.6	349.2	0.735
Décembre	78.4	123.5	237.5	0.086	143.1	217.7	360.8	0.603
Année	1934.8	2103.7	3738.1	2.658	646.5	3602.1	4248.6	0.848

Légendes:	GlobHor	Irradiation globale horizontale	E Miss	Energie manquante
	GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages	E User	Energie fournie à l'utilisateur
	E Avail	Energie solaire disponible	E Load	Besoin d'énergie de l'utilisateur
	EUnused	Energie inutilisée (batterie chargée)	SolFrac	Fraction solaire (Eutile / Ebesoin)

GlobHor : Rayonnement global horizontal : une combinaison du rayonnement diffuse global et du rayonnement direct global pour une surface horizontale.

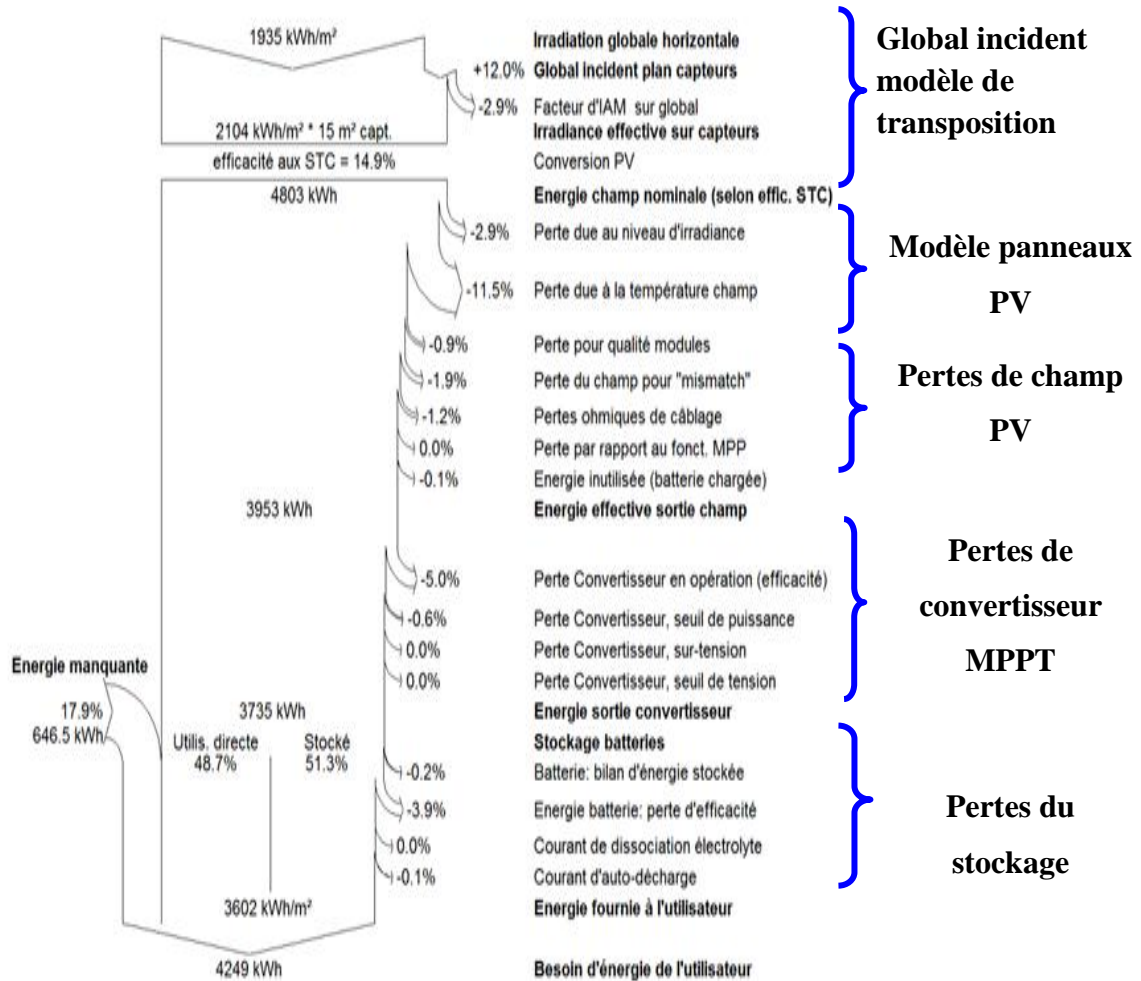
GlobEff : Le rayonnement effectif sur les collecteurs : le rayonnement restant après les pertes détaillées précédemment, multiplié par la surface PV (la surface du module telle que définie dans le fichier *.PAN).

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).

Diagramme des pertes sur l'année entière



Le diagramme résume les pertes de la production de système PV à savoir : les pertes ohmiques du câblage, effet d'incidence, pertes dues a la température du champ, pertes dues a la qualité des modules,...etc.

En effet, l'énergie produit par le champ PV (énergie sortie du champ) estimée a 4902 KWh et réduire à 4697 KWh a la sortie pour utilisateur.

Conclusion

Le logicielle **PVsyst** permet de simuler un système photovoltaïque avec une prise en compte de tous les aspects: pertes, emplacement géographique,...etc. Ceci a permis de faire une meilleure estimation des pertes qui peuvent affecter le rendement global.

Les pertes dues au système de stockage et les jours d'autonomie est très importante pour le dimensionnement de ce système de stockage, d'où la nécessité d'opter pour une technologie de meilleure rendement possible de ce composant qui représente clé et le plus délicat d'une installation photovoltaïque autonome.

Etude technico-économique

IV.1. Introduction

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

Le choix technique et économique de l'une des formes des énergies renouvelables est tributaire de la connaissance de plusieurs paramètres à savoir : la puissance électrique requise, et le coût d'investissement [33].

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

Les prix de l'équipement utilisé pour l'étude économique sont obtenus auprès des entreprises fabricantes en **ALGERIE : CONDOR** et **ALGERIA SOLAR COMPANY**. Pour éviter les frais de transport.

<i>Désignation</i>	<i>Caractéristique</i>	<i>Puissance installée</i>	<i>Quantité</i>	<i>Prix unitaire (DZD)</i>	<i>Montant DZD</i>
Module poly cristallin	285 Wc / 30 V	2, 3	8	26.800,00	214.400,00
Supports pour les modules	/	2, 3	8	5000,00	40.000,00
Câble et divers	/	2, 3	8	20.000,00	20.000,00
Régulateurs	125 V/60 A	2, 3	1		42.600,00
batteries	V = 6V ; Capacité= 204 Ah.	2, 3	32	45.750,00	1.464.000,00
onduleur	VCC =38–66 V ; VAC =230 V ; P= 2500 / 2250 W	2, 3	1	170.212,50	170.212,50
Cout total de SPV	/	/	/	/	1.951.212,50

Tableau IV.1: Etude technico-économique du système PV alimentant une maison autonome

Le tableau montré que pour une production de 2,3kW, Le cout total du système photovoltaïque est : 1.951.212,50 **DZD**.

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 5% de l'investissement initial ;
- La main d'œuvre est pris égale à 10% 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 de 20 à 25 ans, et la durée de vie des batteries est de 10 ans, aussi nous considèrerons ces batteries seront remplacées deux fois pendant la durée de projet.

$$\text{Coût total} = \text{Investissement initial} + \text{coût d'Exp \& maintenance} + \text{Main d'oeuvre} + \text{Coût de remplacement}$$

Ce qui nous donne un coût total du projet égal à 370.789.437,50 **DZD**.

Notre utilisateur n'amortit pas son investissement pendant la période de 20 ans, une durée de vie du module photovoltaïque de 20 à 25 ans. Ce n'est pas donc très positif pour son investissement, on conclut que le prix du kWh de Sonelgaz est moins cher que le kWh solaire.

IV.3. Installation et maintenance

Le montage d'une installation PV ne diffère pas beaucoup de celui électrique traditionnel.

Cependant les particularités du courant continu et de la basse tension liées aux grands courants imposent certaines précautions particulières.

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

IV.4. Installation mécanique et électrique

IV.4.1. Installation du générateur PV

➤ Orientation et l'inclinaison du générateur PV

Il est important que les modules soient orientés plein sud pour capter l'énergie quotidienne maximale, quelle que soit la saison. Pour cela, le sud magnétique peut être déterminé à l'aide d'une boussole.

L'inclinaison est le second paramètre important. Elle est principalement choisie en fonction du profil de consommation tout au long de l'année.

Une inclinaison faible par rapport à l'horizontale favorise la captation de l'énergie solaire pendant l'été.

Une inclinaison importante par rapport à l'horizontale favorise la captation de l'énergie solaire pendant l'hiver et par-là permet de diminuer les variations énergétiques entre l'hiver et l'été.

Par contre, cette inclinaison oblige à dimensionner le générateur sur les apports d'hiver et elle conduit généralement à une surproduction d'énergie électrique en été.

➤ Les masques

Il est extrêmement important d'éviter d'occulter une partie du générateur PV par un masque. En effet, une ombre portée, même étroite, peut perturber le fonctionnement du système photovoltaïque :

- en provoquant l'éventuelle destruction d'un ou plusieurs module si la protection électrique du générateur est insuffisante ;
- en occasionnant une perte énergétique en fonction de l'importance et de l'évolution du masque au cours de la journée (et des saisons) et du groupement série parallèle des modules.

➤ Montage des modules en rangs parallèles

L'occultation d'une série de modules peut provenir de l'installation du générateur lui-même.

L'écartement entre rangées doit tenir compte de ce facteur, la situation la plus défavorable étant atteinte le jour du solstice d'hiver.

➤ Fixation des modules

La fixation des modules doit assurer correctement les fonctions suivantes :

- Maintien de l'orientation contre le vent et les autres intempéries, contre les agressions mécaniques ;
- Protection contre les salissures, et agressions venant du sol ;
- Ventilation des modules afin de limiter leur échauffement ; les performances des modules diminuent quand la température moyenne des cellules augmente ;
- Rigidité de l'ensemble des modules.

De plus, le système de fixation lui-même est exposé aux intempéries et doit pouvoir leur résister, sa durée de vie doit être au moins égale à celle des modules eux-mêmes.

Les modules sont généralement entourés d'un cadre rigide en aluminium anodisé comprenant des trous de fixation. Pour tout type de générateur, la structure classique consiste en un châssis avec une base plane pouvant recevoir des écrous de fixation eux-mêmes liés à une armature rigide (exemple : chape de béton).

Les supports sont en général réalisés en aluminium anodisé ou en acier inoxydable. Toute la boulonnerie de fixation est en général en acier inoxydable.

La structure recevant les supports doit :

- Pouvoir résister aux conditions climatiques, en particulier aux vents ;
- Permettre une bonne ventilation des modules : l'arrière des modules doit donc être suffisamment dégagé pour permettre la circulation de l'air ;

Isoler les modules du sol. Il est conseillé d'adopter une distance minimum de 0,6 à 0,8 m entre le sol et le bas des modules [16].

IV.4.2. Installation des batteries de stockage

Les accumulateurs, de par leurs constituants, sont des éléments présentant un certain nombre de dangers (toxicité, risque d'explosion). Ainsi que leur rendement est lié directement à leurs température de fonctionnement (Il faut qu'ils soient aérées).

Une attention particulière doit donc être portée au local où sont entreposés les accumulateurs et à leur installation dans ce local.

➤ Local des accumulateurs

Il doit assurer les fonctions suivantes :

- Isoler les accumulateurs des intempéries et des éléments extérieurs (pluie, neige, soleil.) ;
- Permettre une inspection périodique commode des accumulateurs ;
- Etre correctement ventilé, les accumulateurs dégageant des gaz qui peuvent former un mélange explosif ;
- Maintenir une température ambiante la plus proche possible de 20 °C et en tout cas compris entre 0 et 45 °C;

➤ Installation des accumulateurs

Elle doit assurer les fonctions suivantes :

- Isoler les accumulateurs du sol ;
- Permettre une inspection facile des niveaux et connexions, et l'addition d'électrolyte dans chaque accumulateur ;
- Permettre d'assurer des connexions électriques fiables, simples donc courte, entre les accumulateurs ;
- Isoler électriquement les accumulateurs du sol.

IV.5. Maintenance

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

➤ Modules

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

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

➤ Batteries

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

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

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

➤ Régulateurs

Les nécessitent en principe très peu d'entretien.

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

Au vu de ces résultats obtenus, le système PV étudié présente des avantages et des inconvénients, qui sont résumés sur le tableau ci-dessous. Le système photovoltaïque

présente un cout d'investissement important, un entretien très réduit et un faible cout d'exploitation [34].

IV.6. Mise à la terre du système

La mise à la terre est l'un des moyens généralement préconisés pour éviter la destruction d'une partie du système par la foudre.

Conclusion

Le coût d'investissement pour la mise en oeuvre d'un système photovoltaïque autonome est important, ce qui fait que le kWh produit grâce à ce système n'est pas compétitif face au prix du kWh produit par la connexion au réseau de Sonelgaz.

Il faut savoir que le kWh solaire est cher. L'utilisateur doit choisir des récepteurs de faible consommation comme nous le conseillons pour l'éclairage dans notre ferme.

Conclusion générale

L'objectif général de notre étude est l'électrification d'une agglomération d'un ensemble d'habitation de manière autonome au niveau de la commune de Ouled Sidi Brahim, la wilaya de M'sila a partir de l'énergie solaire en utilisant une installation photovoltaïques.

Dans un premier chapitre, nous avons identifié la description et les équipements de notre installations photovoltaïque autonome. Ensuite, nous avons décrit le fonctionnement des systèmes photovoltaïque en s'étant sur chaque composant du système.

Dans le deuxième chapitre nous avons dimensionné l'installation de notre système PV en fonction des besoins.

Pour atteindre ce but, nous avons déterminé la capacité du générateur et celle du stockage, avec le choix du module PV et de l'élément batterie convenables à un bon dimensionnement.

Dans le troisième chapitre nous avons appliqué une étude par simulation numérique de l'installation PV de puissance 3,4 KW.

La méthode utilisée pour l'estimation du couple générateur / batterie est simple, basé sur le profil de consommation et l'apport énergétique du lieu. La mise en œuvre de cette méthode a été effectuée à l'aide d'un logiciel PVsyst 5.2.

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

Enfin, nous avons établi une étude technico-économique et nous avons constaté que l'installation PV autonome est intéressante de signaler que notre installation devient rentable de vue de l'économie d'énergie qui est actuellement très significative par rapport au réseau électrique.

Bibliographie

- [1] S. MASOUM Mohamed, BADEJANI Seyed Mahdi Mousavi and FUCHS Ewald f., «Microprocessor-controlled new class of optimal battery chargers for photovoltaic application», Vol. 19, September 2004 .
- [2] Y. PANKOW, «Etude de l'integration de la production décentralisée dans un réseau Basse Tension.Application au générateur photovoltaïque, » Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Metiers Thèse de Doctorat, 2004.
- [3] Pompage photovoltaïque «guide à l'intention des ingénieurs et techniciens, Institut de L'énergie et de l'environnement de la francophonie » ;Université d'OTTAWA.
- [4] M. BOUKLI-HACEN «Conception et réalisation d'un générateur photovoltaïque muni d'un convertisseur MPPT pour une meilleure gestion énergétique »; thèse de magister ; Université ABOU BAKER BELKAID –Tlemcen ,2011.
- [5] C. Bernard « station solaire autonome pour l'alimentation station pompage » l'archive ouverte pluridisciplinaire HAL 2006].
- [6] A. Hammidat Hadj arab et M.T BOUKADOUM « performance et cout des systèmes de pompage PV en ALGERIE » (2005).
- [7] TRAHY Fatiha ; « Prédiction de l'irradiation solaire globale pour la région de Tizi-Ouzou par les réseaux de neurones artificiels. Application pour le dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour l'alimentation du laboratoire de recherche lampa» ; Mémoire de magister en électronique ; 2011 ; page (11-12)/ (17-18)].
- [8] M. G. Villalva et J. R. Gazoli, et E. R. Filho «Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays», Jornal of power electronics, ,May 2009.
- [9] A. Bilbao «Réalisation d'un commande mppt numérique» université de rovira ivirgili ,2006.
- [10] H. BELGHITRI et H. ' Modélisation, simulation et optimisation d'un système hybride éolien photovoltaïque' mémoire de magister, 2009.
- [11] JIMMY Royer, THOMAS Djiako, BOCAR Sada Sy et ERIC Schiller, Le pompage photovoltaïque,Édition Multi mondes, 1999 .
- [12] F. Lasnier, T. G. Ang, « Photovoltaic Engineering Handbook », IOP Publishing Ltd.1980.ISBN 0-85274-311-4.
- [13] Djarallah, Mohamed, "CONTRIBUTION A L'ETUDE DES SYSTEMES PHOTOVOLTAIQUES RESIDENTIELS COUPLES AU RESEAU ELECTRIQUE," UNIVERSITE DE BATNA Thèse de Doctorat en Science, 2008.

Bibliographie

-
- [14] M .BELHADJ ; Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque Autonome Mémoire de Magister ; Centre Universitaire De Bechar ; 2008.
- [15] M. BENGHANEM. Etude de la performance des systèmes photovoltaïque autonomes Travaillant à poste fixe. Thèse de Doctorat, U.S.T.H.B, avril 1999.
- [16] B. EQUER. Energie solaire photovoltaïque. Volume I – Physique et technologie de la conversion photovoltaïque. CNRS. Edition ellipses, 1993.
- [17] M. BURESCH. Photovoltaic energy systems. McGraw-Hill U.S.A, 1983.
- [18] E. BUCHET. Etude du dimensionnement et développement d'un logiciel d'aide à la conception de système de production d'énergie utilisant la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire, Thèse de Doctorat, Faculté de Science et Technique de Saint-Jérôme, d'Aix Marseille, juillet 1988.
- [19] A. HADJ ARAB. Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque de faible puissance, Thèse de magister, H.C.R, décembre 1989.
- [20] www.solarelectripower.org.
- [21] Akihiro Oi, " Design and Simulation of Photovoltaic Water Pumping System " , Faculty of California Polytechnic State University, 2005.
- [22] H. Knopf, "Analysis, Simulation and Evaluation of Maximum Power Point Tracking (MPPT) Methods for a Solar Powered Vehicule", Portland State University, 1999
- [23] D. Linden, T.B. Reddy, "Handbook of Batteries, 3rd Edition". Edition McGraw-Hill, INC NewYork 2002.
- [24] S. Semaïou; Etude de l'électrification d'un village avec de l'énergie solaire photovoltaïque; Mémoire de magister en Science physique; 2004.
- [25] Antonio Luque and Steven Hegedus, "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- [26] FOGELMAN & Régis MONTLOIN, « Installations Photovoltaïques dans l'habitat isolé » livre édité par: EDISUD, 1983.
- [27] S. Petibon « nouvelles architectes distribuées de gestion et de conversion de l'énergie pour les applications photovoltaïques » thèse de doctorat de l'université de toulouse, 2009.
- [28] A. BOUZID et M. AZIZI «Dimensionnement d'un système photovoltaïque pour l'alimentation d'une ferme Étude de l'onduleur triphasé lié à cette application », Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état, 2008.
- [29] A. LABOURET et M. VILLOZ, « Energie Solaire Photovoltaïque », livre édité par:

Bibliographie

DUNOD), 2006.

[30] http://www.photovoltaique.guidenr.fr/cours-photovoltaique-autonome/cours_photovoltaique-autonome.php.

[31] « Système d'éclairage public photovoltaïque autonome ; Hauteur 7m – Régulation MPPT - Batteries en tête de mât – Eclairage LED » ; www.neo-energy.eu.

[32] K. Amara « contribution a l'étude de conception d'une centrale PV » mémoire Magister université de Tizi ousou 2015.

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

[34] 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.

ملخص

هذا العمل لدراسة تثبيت نظام كهروضوئي ذاتي يغذي مجموعة من المنازل المكونة لقرية معزولة والإضاءة العامة، إذ وبعد إعطاء لمحة وجيزة عن الأنظمة الكهروضوئية المستقلة نقوم بتعريف مختلف العناصر التي يتكون بها النظام وكذلك تعريف الحمولة ومدى استهلاك الحمولة المأخوذة بعين الاعتبار في الموقع المدروس نقوم استنادا إلى المعلومات الفعلية لموقع التثبيت و عن طريق برنامج كمبيوتر لحساب أبعاد النظام الكهروضوئي حيث يقوم هذا الأخير بتحديد طاقة النظام و كذا سعة البطاريات اللازمة لتغطية أيام العزلة وأخيرا، نهي عملنا بدراسة اقتصادية للمشروع ومقارنته مع سعر استهلاك الكهرباء لشبكة السونالغاز.

كلمات المفتاح: النظام الكهروضوئي ، حساب أبعاد النظام الكهروضوئي، دراسة اقتصادية

Résumé

Après une description succincte sur le système photovoltaïque autonome, nous présentons les définitions des différents composants du système, et aussi une définition de la charge ainsi que le profil de consommation de la charge adoptée dans un site isolé.

Ce travail a pour l'étude d'une installation photovoltaïque autonome qui alimente un ensemble d'habitation que cette comporte village de 40 maisons, l'éclairage public.

En se basant sur les paramètres réels du site de l'installation, nous proposons une méthode de dimensionnement à travers un programme informatique nous déterminons la dimension des différents composants du système.

Enfin, nous terminons notre travail par une étude économique de notre projet et un comparaisant par rapport au prix de la consommation électrique du réseau de Sonelgaz.

Mots clé: Système photovoltaïque, Dimensionnement du système photovoltaïque, système photovoltaïque autonome, étude économique.

Abstract

After a brief description of stand-alone photovoltaic systems, we present a definition of the different components, and definition charge, as well as the consumption profile of the load adopted in an isolated site.

This work has for the study of an stand-alone photovoltaic installation that feeds a set of house, the public lighting.

Based on the actual parameters of the installation site, we propose a sizing method through a computer program that determines the size of the different components of the system.

Finally, we finish our work with an economic study and a comparison with the price of the electricity consumption of the Sonelgaz network.