

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

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

N° : PhENR 10/2019



DOMAINE : Sciences de la matière

FILIERE : Physique

OPTION : Physique Energétique
et Energies Renouvelables

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Réalisé par:

DJILAT Zahra

BOURAS Sarra

Intitulé

**Méthodes de dimensionnement d'un système
photovoltaïque, application à la région de M'sila**

Soutenu le 02/07/2019 devant le jury composé de:

BOURSAS Abdelhakim	Université Mohamed Boudiaf- M'sila	Président
SALMI Mohamed	Université Mohamed Boudiaf- M'sila	Rapporteur
FRIDJA Djamel	Université Mohamed Boudiaf- M'sila	Examineur
MOUSTEFAOUI Merwane	Station Météorologique de M'Sila	Examineur

Année universitaire : 2018/2019

Remerciements

Nous adressons nos plus sincères sentiments de reconnaissance et de remerciement envers Dieu, le clément et le miséricordieux, lequel nous a accordé la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous voulons exprimer notre gratitude à notre encadreur Monsieur SALMI Mohamed, Enseignant à l'Université de M'sila pour avoir dirigé ce travail. Son soutien, sa disponibilité et ses précieux conseils tout au long de cette recherche.

Nos vifs remerciements vont également à :

- ✓ *Monsieur BOURSAS Abdelhakim, Enseignant à l'Université de M'sila d'avoir accepté de présider le Jury de soutenance de ce mémoire.*
- ✓ *Monsieur FRIDJA Djamal, Enseignant à l'Université de M'sila et Monsieur MOSTEFAOUI Merwane, Chef de Station Météorologique de M'sila pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

Nous remercions également Monsieur GUELMINE Aziz le gérant de la société HODNA SOLAIR à M'sila et son équipes pour ses conseils fructueux.

Nous saisissons cette occasion pour remercier tous les enseignants de l'université de Mohamed Boudiaf - M'sila durant les années des études.

Enfin nos remerciements vont également à toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, apporté aide et encouragement.

Dédicace

Avec toute mon affection, ma profonde reconnaissance, Je dédie ce mémoire :

- ✓ *A mes très chers parents, pour leurs sacrifices, leurs patiences, leurs amours, leurs soutiens qu'ALLAH me les garde.*
- ✓ *A mes chers frères et mes sœurs.*
- ✓ *A mes anges :*
Ghofrane, Merieme, Ahmed, Elhacen , Elhossein , Safana, Khadidja et Ibtissem.
- ✓ *A ma grande mère que dieu me la garde et à la mémoire de mes deux grands pères et ma grande mère que dieu puisse les accueillir dans son vaste paradis.*
- ✓ *A mon chère fiancé et à ma belle-famille.*
- ✓ *A toute la famille Bouras, pour l'amour et le respect qu'ils m'ont toujours rattaché.*
- ✓ *A mon binôme Zahra, pour la sœur agréable qu'elle restera pour moi et sa famille.*
- ✓ *A tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à maintenant.*
- ✓ *A tous mes collègues de promotion d'énergétique 2018 _2019, je vous souhaite le courage et le succès dans votre vie.*
- ✓ *Ainsi qu'à toutes les personnes que je connais de près ou de loin.*

B. Sarra.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

- ✓ *A mes très chers parents.*
- ✓ *A mon frère.*
- ✓ *A mes sœurs.*
- ✓ *A mes anges : khalil, kholud, Manel, Sondus, Abd El-Bassit, Loai, Amani, Ziyad et Sirine.*
- ✓ *A toute ma famille.*
- ✓ *A mon binôme Sarra, pour la sœur agréable qu'elle restera pour moi et sa famille.*
- ✓ *A tous mes camarades et mes amies.*
- ✓ *A toute la promotion de physique énergétique et énergies Renouvelables 2018/2019.*
- ✓ *Et à toutes les personnes qui nous a aidés à réaliser ce travail.*

D.J. Zahra

SOMMAIRE

Introduction	1
Chapitre 1 : Conversion photovoltaïque	2
1.1. Energie solaire	2
1.1.1. Définition	2
1.1.2. Potentiel solaire en Algérie	2
1.2. Energie solaire photovoltaïque	3
1.2.1. Historique	3
1.2.2. Effet photovoltaïque	5
1.2.3. Différentes technologies des cellules PV	5
1.2.3.1. Cellules à base de silicium cristallin	5
1.2.3.2. Cellules à base de couches minces	6
1.2.4. Paramètres caractérisants les cellules photovoltaïques	7
Chapitre2 : Méthodes photovoltaïque d'un système PV	10
2.1. Système photovoltaïque	10
2.1.1. Notions relatives à un système photovoltaïque	10
2.1.2. Critères de choix d'une installation solaire	10
2.1.3. Différents installations de Systèmes Photovoltaïques	11
2.1.3.1. Système autonome	11
2.1.3.2. Système raccordé au réseau	11
2.1.3.3. Système hybride	12
2.1.3.3.1. Composants d'un système photovoltaïque autonome	12
2.2. Dimensionnement d'installation PV	15
2.2.1. Paramètres d'entrée intervenants dans le dimensionnement	15
2.2.1.1. Paramètres relatifs au système PV	15
2.2.1.2. Paramètres relatifs au site d'installation	15
2.2.1.3. Paramètres concernant le module PV	16
2.2.1.4. Paramètres concernant les batteries de stockage	16
2.2.1.5. Paramètres concernant le régulateur de charge	16
2.2.1.6. Paramètres concernant l'onduleur	16
2.2.1.7. Paramètres concernant la charge	16
2.3. Méthodes de dimensionnement d'un système PV	16
2.3.1. Méthode de la probabilité d'erreur dans la consommation	16
2.3.2. Méthode du mois le plus défavorable	16

2.3.2.1. Dimensionnement du champ PV par la méthode du mois le plus défavorable	17
2.3.3. Méthode de la moyenne annuelle	18
2.3.4. Méthode LPSP	18
2.3.5. Méthode des heures équivalentes	18
2.3. 6.Méthode itérative	19
2.3.7. Méthode utilisabilité solaire	20
2.3.8. Méthode simplifiée	21
Chapitre3 : Application : Cas de la région de M'sila en Algérie	24
3.1. Région de M'sila	24
3.2. Présentation de l'habitat à étudié	24
3.3. Estimation journalière	24
3.4. Dimensionnement d'un système PV par la méthode simplifiée	26
3.5. Présentation du logiciel de simulation PVSYST	29
3.6. Conception et dimensionnement d'un système PV	30
3.7. Principaux résultats	30
3.7.1. Données météorologiques du site	30
3.7.2. Trajectoire du soleil	30
3.7.3. Orientation des modules PV	31
3.7.4. Schéma de l'installation PV	31
3.8. Résultats de simulation	31
3.8.1. Besoins électriques	31
3.8.2. Simulation des équipements énergétiques	32
3.8.3. Rapport de simulation	34
3.9. Comparaison entre la méthode utilisée et la simulation	36
Conclusion	37
Bibliographies	38

Introduction

Introduction

L'exploitation des ressources naturelles fossiles limitées et épuisables dans le temps poussent les pays développés et émergents à se retenir vers des énergies propres et renouvelables tels que le solaire, la géothermie, la biomasse et l'énergie éolienne.

L'énergie électrique produite par des systèmes photovoltaïques, elle est considérée comme solution efficace pour le problème de l'énergie.

Vu sa position géographique, l'Algérie dispose d'un potentiel en termes des ressources énergétiques renouvelables considérables.

L'optimisation des systèmes photovoltaïques est basée sur des critères de dimensionnement par des méthodes analytiques et de logiciel. Pour cela on peut poser la question suivante : quelles sont les différentes méthodes de dimensionnement d'un système photovoltaïque ?

L'objectif de ce travail est de savoir les différentes méthodes analytiques tout en les comparant avec la méthode de la simulation par logiciel PVSYST et de maximisation de la puissance générée pour avoir un bon rendement. Ce mémoire est traité dans trois chapitres :

Le premier chapitre commence par une définition de l'énergie solaire et une explication de principe de l'effet photovoltaïque ainsi que les différentes technologies des cellules photovoltaïques et par suite nous présentons le potentiel solaire en Algérie.

Dans le deuxième chapitre, on a présenté des différentes méthodes de dimensionnement d'un système PV en basant sur le système photovoltaïque autonome.

Dans le troisième chapitre nous allons procéder au dimensionnement du système photovoltaïque par une méthode simplifiée et par une simulation suivi par la consommation de deux maisons à la région de M'sila.

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

Chapitre 1

Conversion photovoltaïque

1.1- Energie solaire

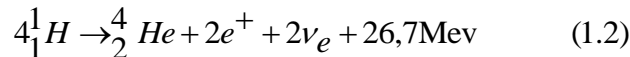
1.1.1-Définition

L'énergie solaire est produite par les réactions de fusion thermonucléaire d'hydrogène en hélium au sein du noyau du soleil, ce processus engendre un défaut de masse (Δm) qui se transforme en énergie (ΔE) selon la célèbre relation d'Einstein :

$$\Delta E = \Delta m \times C^2 \quad (1.1)$$

C : Vitesse de la lumière dans le vide ($2.99792 \times 10^8 \text{ m/s}$)

L'équation globale de cette fusion est donnée par :



Quatre protons fusionnent pour donner naissance à un noyau d'hélium avec émission de deux positrons e^+ , de deux neutrons ν_e et accompagnés d'une énergie égale à 26,7 MeV [1].

L'énergie solaire est actuellement exploitée selon deux techniques [2]:

- La conversion du rayonnement solaire en chaleur par des capteurs thermiques c'est le solaire thermique, il est utilisé dans les chauffes -eau solaires et les planchers thermiques.
- La conversion directe du rayonnement lumineux en électricité par des capteurs (Cellule photovoltaïque) c'est le solaire photovoltaïque.

1.1.2- Potentiel solaire en Algérie

Le potentiel solaire est la quantité totale d'irradiation d'énergie solaire reçue sur une surface de région donnée pendant du temps dans une localisation spécifique.

En Algérie, le potentiel est le plus important de tout le bassin méditerranéen [3]:

- 1169.440 TWh/an,
- 5.000 fois la consommation Algérienne en électricité,
- 60 fois la consommation de l'Europe des 15 (estimée à 3.000 TWh/an).

Energie moyenne reçue en kWh/m²/an :

- Régions côtières 1700,
- Hauts plateaux 1900,
- Sahara 2650.

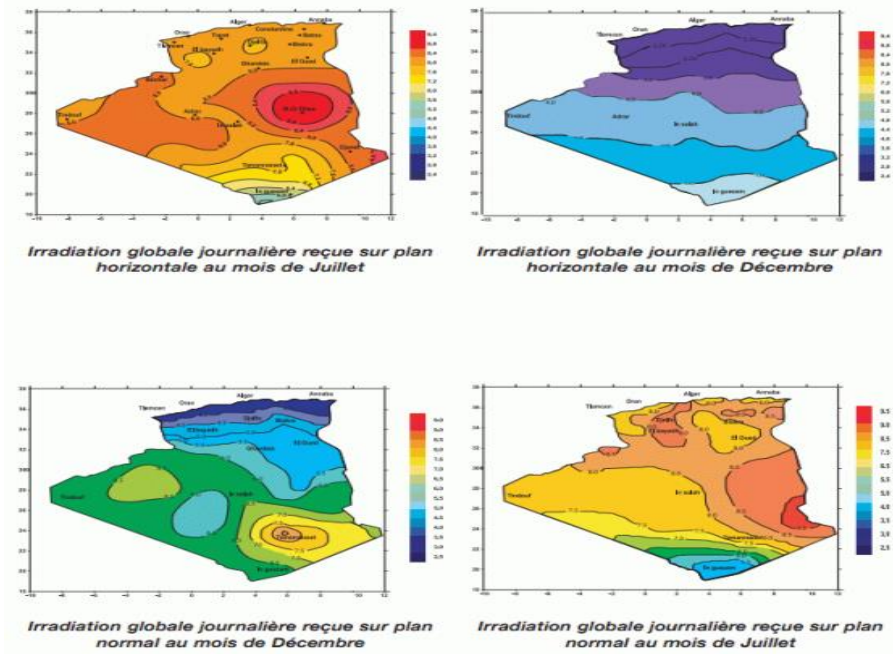


Figure (1.1) : Potentiel solaire en Algérie [4]

1.2- Energie solaire photovoltaïque

Le terme « photovoltaïque » souvent abrégé par le sigle « PV », a été formé à partir de deux mots « photo » un mot grec signifiant lumière et « Volta » le nom du physicien italien Alessandro Volta qui a inventé la pile électrique en 1800 [5].

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion directe de l'énergie provenant des photons, comprise dans le rayonnement solaire, en énergie électrique par le biais des capteurs fabriqués avec des matériaux sensibles aux longueurs d'ondes du visible[6].

1.2.1- Historique

Quelques événements importants dans l'histoire du photovoltaïque :

- **En 1839** : Le physicien français Edmond Becquerel découvre le processus de l'utilisation de l'ensoleillement pour produire du courant électrique dans un matériau solide. C'est l'effet photovoltaïque [7].
- **En 1873** : l'ingénieur américain "Willoughby Smith" découvre les propriétés photosensibles du sélénium [5].
- **En 1875** : Werner Von Siemens expose devant l'Académie des Sciences de Berlin un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi -conducteurs. Mais jusqu'à la Seconde Guerre Mondiale, le phénomène reste encore une curiosité de laboratoire [7].
- **En 1877** : "W.G.Adam" et "R.E.Day" expliquent l'effet photovoltaïque du sélénium.
- **En 1883** : "Charles Frits" construit la première cellule en sélénium et or. Elle atteint un rendement d'environ 1% [5].
- **En 1905** : Einstein découvrit que l'énergie de ces quanta de lumière est proportionnelle à la fréquence de l'onde électromagnétique. L'utilisation des cellules solaires débute dans les

années quarante. Le domaine spatial a besoin d'une énergie sans combustible embarqué. La recherche s'intensifie sur le photovoltaïque.

- **En 1954** : Trois chercheurs américains, Chapin, Pearson et Prince, mettent au point une cellule photovoltaïque à haut rendement au moment où l'industrie spatiale naissante cherche des solutions nouvelles pour alimenter ses satellites[7].
- **En 1955** : Hoffman électroniques (USA) propose des cellules Si à 2 % de rendement à \$1500/W [8].
- **En 1958** : Une cellule avec un rendement de 9 % est mise au point. Les premiers satellites alimentés par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace [7].
- **En 1970** : Première cellule solaire à hétéro structures GaAs élaborée par Alferov, Andrée et al. En URSS [8].
- **En 1973** : La première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'Université de Delaware [7].
- **En 1980** : La première cellule à base de Cu₂S/CdS délivrant un rendement > 10%.
- **En 1982** : Première unité de production de 1 MW (Californie, USA) avec des cellules Arco Si [8].
- **En 1983** : La première voiture alimentée par énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4000 km en Australie [7].
- **En 1985** : Les cellules à base de Si donnent un rendement > 20% sous le rayonnement solaire.
- **En 1994** : Des rendements > 30 % avec des cellules à concentration multi jonctions à base de GaInP/GaAs (NREL, USA) [8].
- **En 1995** : Des programmes de toits photovoltaïques raccordés au réseau ont été lancés, au Japon et en Allemagne, et se généralisent depuis 2001[7].
- **En 1996** : Les cellules solaires hybrides à colorants atteignent un rendement de 11% (EPFL, Switzerland).
- **En 1998** : Cellules couches minces Cu(InGa) Se₂ atteignent un rendement de 19% (NREL, US).
- **En 2002**: Le photovoltaïque installé mondial cumulatif atteint 2000 MW 2007 Cellules solaires organiques en structure tandem avec un rendement de 6,5 % (UCSB, USA).
- **En 2008** : Un rendement homologué de 5,9% sur une surface active de 2 cm² obtenu par Heliatek, BASF et l'Institut de photovoltaïque appliquée (IAPP) de l'Université technique de Dresde (Allemagne) [8].

1.2.2-Effet photovoltaïque

L'effet photovoltaïque se manifeste quand un photon est absorbé dans un matériau composé de semi-conducteurs dopés p (positif) et n (négatif), dénommé comme jonction p-n (ou n-p). Sous l'effet de ce dopage, un champ électrique est présent dans le matériau de manière permanente (comme un aimant possède un champ magnétique permanent).

Quand un photon incident (grain de lumière) interagit avec les électrons du matériau, il cède son énergie à l'électron qui se retrouve libéré de sa bande de valence et subit donc le champ électrique intrinsèque. Sous l'effet de ce champ, l'électron migre vers la face supérieure laissant place à un trou qui migre en direction inverse. Des électrodes placées sur les faces supérieure et inférieure permettent de récolter les électrons et de leur faire réaliser un travail électrique pour rejoindre le trou de la face inférieure [5].

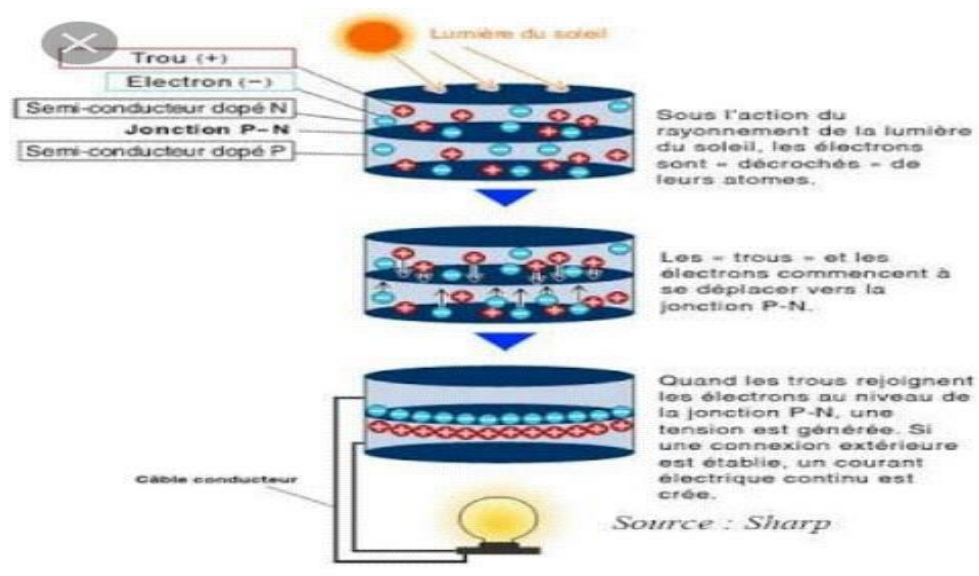


Figure (1.2) : Principe de l'effet photovoltaïque [9]

1.2.3-Différentes technologies des cellules PV

Les principales technologies industrialisées en quantité à ce jour sont :

- Les cellules à base de silicium cristallin,
- Les cellules à base de couches minces.

1.2.3.1- Cellules à base de silicium cristallin

Le silicium cristallin domine le marché à plus de 80%. La fin de cette technologie gourmande en matière première est annoncée depuis de nombreuses années mais les progrès technologiques réalisés par cette filière au cours des 10 dernières années lui ont permis de garder sa place prédominante sur le marché.

Cette filière, de part de son très fort développement actuel, semble partie pour garder cette place encore quelques années.

Elle comporte deux technologies : les cellules monocristallines et les cellules polycristallines [10].

a. Cellules monocristallines

Du silicium à l'état brut est fondu pour créer un barreau. Lorsque le refroidissement du silicium est lent et maîtrisé, on obtient un monocristal.

Un wafer (tranche de silicium) est alors découpé dans le barreau de silicium. Après divers traitements (traitement de surface à l'acide, dopage et création de la jonction P-N, dépôt de couche antireflet, pose des collecteurs) [7], le wafer devient cellule d'épaisseur [200-300 μm], son rendement est compris entre 15 et 18% [11].

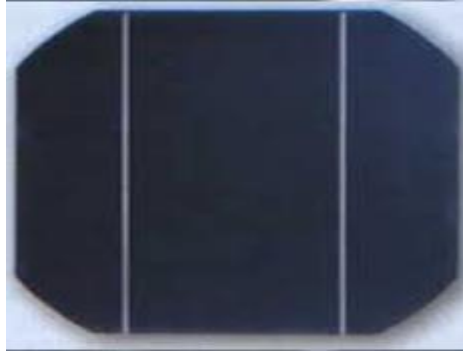


Figure (1.3): Cellule monocristalline [12]

b. Cellules poly-cristallines

Est devenu aujourd'hui la technologie la plus utilisée. Elle représente près de 50% du marché [10].

Le wafer est scié dans un barreau de silicium dont le refroidissement forcé a créé une structure poly-cristalline [7], leur épaisseur est comprise entre [200-300 μm]. Son rendement faible sous un faible éclairage, il est compris entre 11 et 15% selon les fabricants [11].



Figure (1.4) : Cellule poly-cristalline [12]

1.2.3.2- Cellules à base de couches minces

La technologie (couche mince) désigne des types des cellules (ou modules) obtenus par diffusion d'une couche mince de silicium amorphe sur un substrat (verre) [7].

Les cellules en couches minces de silicium ont une ou plusieurs jonctions (silicium amorphe hydrogéné (a-Si:H) + alliages de aSi:H et/ou silicium cristallin (c-Si)). Leur faible épaisseur (quelques μm [0.5-2 μm]), Les meilleurs rendements sont de l'ordre de 14 % pour les cellules et entre 5 % et 10% pour les modules. La technologie couche minces est la seconde technologie en termes de vente avec 5 % environ du marché [10].

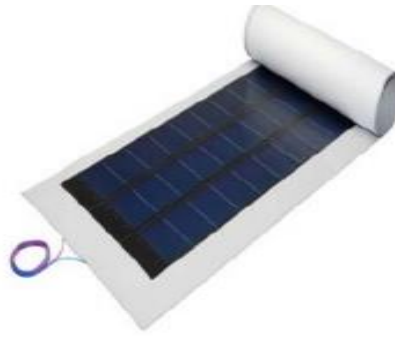


Figure (1.5) : Silicium en couche mince [13]

1.2.4- Paramètres caractérisant des cellules photovoltaïques

a. Courant de court-circuit I_{CC}

Le courant de court-circuit est le courant débuté par la cellule sous éclairément en court-circuit la sortie[14], si les deux électrodes sont en court-circuit à travers un ampèremètre, les électrons drainés par un champ interne de la jonction vont donner naissance à un courant de court -circuit I_{CC} qui correspond au photo courant I_{ph} généré par le rayonnement, il définit la quantité de pair électron trou générée G qui traverse la jonction sans recombinaison entre les longueurs de diffusion L_n et L_p , donné par la relation[15]:

$$I_{ph} = q.G.(L_n + L_p) \quad (1.3)$$

b. Tension de circuit-ouvert V_{CO}

Si la cellule est laissée en circuit ouvert la tension mesurée aux bornes des électrodes est appelée tension de circuit ouvert V_{CO} . C'est la tension qu'il faudrait appliquer à la diode dans le sens passant pour générer un courant égal au photo courant, elle est donnée par la relation [15]:

$$V_{CO} = \left(\frac{kT}{q} \right) . \ln \left[\left(\frac{I_{CC}}{I_o} \right) + 1 \right] \quad (1.4)$$

c. Puissance maximale P_m

Dans des conditions ambiantes de fonctionnement fixes (éclairage, température, vitesse de circulation de l'air ambiant, etc..), la puissance électrique P disponible aux bornes d'une cellule photovoltaïque est donnée par la relation suivante[15] :

$$P = V \times I \quad (1.5)$$

P : Puissance mesurée aux bornes de la cellule PV

V : Tension mesurée aux bornes de la cellule PV

I : Intensité mesurée aux bornes de la cellule PV

La puissance débitée par une cellule solaire est maximum quand le produit $V \times I$ est maximum. Donc, on réécrit l'équation (1.5) comme suit :

$$P_m = V_m \times I_m \quad (1.6)$$

On peut inscrire la puissance sous la courbe I(V) (Figure (1.6)) [15]:

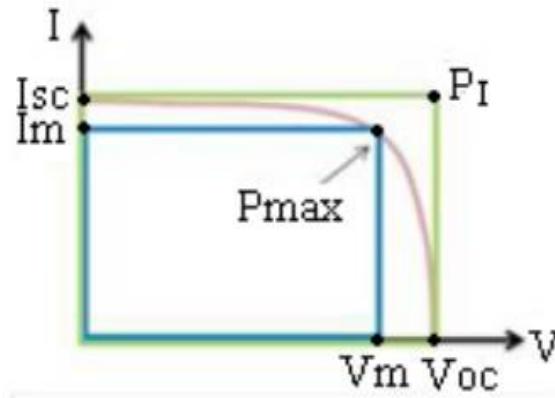


Figure (1.6) : Puissance maximum d'une cellule PV

Pour une cellule solaire idéale, la puissance maximum idéale P_I correspondrait donc à la tension de circuit ouvert V_{co} multipliée par le courant de court-circuit I_{cc}

$$P_I = P_{\max \text{ idéale}} = V_{co} \times I_{cc} \quad (1.7)$$

d. Rendement de conversion d'énergie

Le rendement de conversion d'énergie est le rapport de la puissance générée et de la puissance du rayonnement solaire incident P_o .

On appelle rendement maximal, le rapport entre la puissance maximale et la puissance P_o :

$$\eta_m = \frac{V_m \times I_m}{P_o} \quad (1.8)$$

e. Module photovoltaïque

L'association de plusieurs cellules forme un module photovoltaïque, les cellules PV sont connectées en série et en parallèle afin d'augmenter la tension et l'intensité d'utilisation.

- **Association en série**

Lorsque l'on associe N_s cellules PV en série, les tensions de ces cellules s'additionnent et le courant généré est le même dans toute la branche. La caractéristique I-V résultante de l'association de la figure (1.7) est obtenue en multipliant point par point et pour un même courant, la tension individuelle V_i par N_s .

On note aussi que l'impédance optimale de l'association sera N_s fois plus grande que celle de la cellule de base [16].

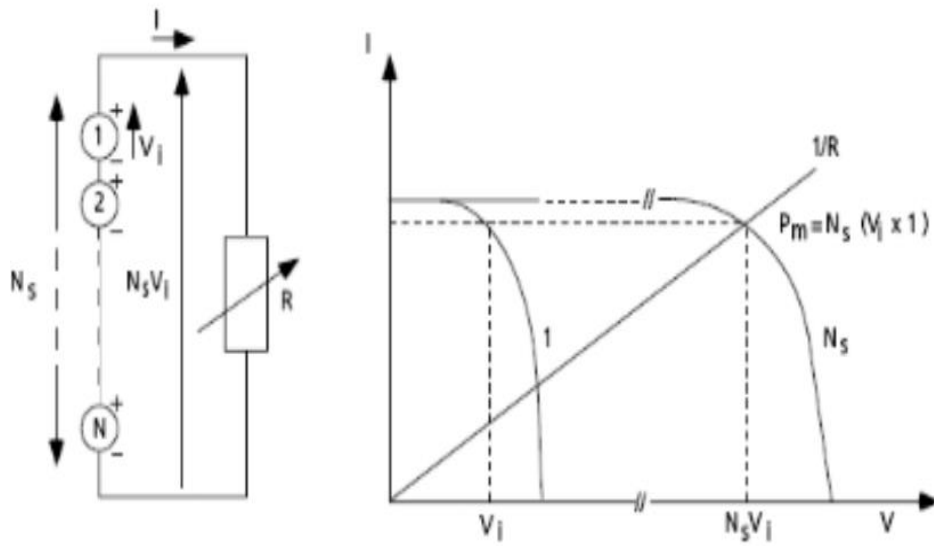


Figure (1.7) : Cellules identiques en série [17]

- **Association en parallèle**

Cette fois-ci, c'est la tension de chaque cellule qui doit être identique, les courants s'ajoutant. La nouvelle courbe de la figure (1.8) est obtenue en additionnant point par point et pour chaque valeur de tension, le courant de la cellule de base par N_p .

L'impédance optimale de l'association sera N_p fois plus faible que celle d'une cellule individuelle [16].

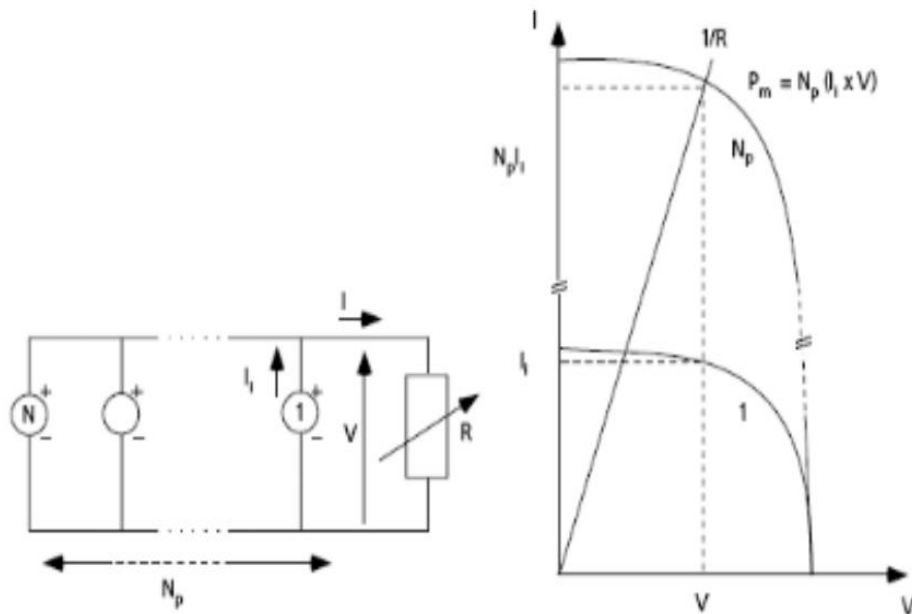


Figure (1.8) : Cellules identiques en parallèle [17]

Chapitre2

Méthodes de dimensionnement d'un système PV

2.1-Système photovoltaïque

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[18] .

2.1.1- Notions relatives à un système photovoltaïque

- Irradiation,
- Dispositif PV fondamental c'est la cellule PV,
- Module PV,
- Chaîne PV : Circuit dans lequel les modules PV sont connectés en série afin de former des ensembles de façon à générer la tension de sortie spécifiée. Dans le langage courant, les chaînes sont plus communément appelées « string »,
- Groupe PV : Ensemble de chaînes constituant l'unité de production d'énergie électrique en courant continu,
- Boîte de jonction : Boîte dans laquelle tous les groupes PV sont reliés électriquement et où peuvent être placés d'éventuels dispositifs de protection,
- Onduleur,
- Partie courant continu : C'est la partie d'une installation PV située entre les modules PV et les bornes de courant continu de l'onduleur,
- Partie courant alternatif : C'est la partie de l'installation PV située en aval des bornes courant alternatif de l'onduleur,
- Monitoring : Le monitoring (anglicisme) consiste à surveiller et à effectuer les mesures relatives au suivi d'une installation PV [5].

2.1.2-Critères de choix d'une installation solaire

a. Economique : coût et amortissement de l'installation par la vente de l'électricité,

b. Production de l'énergie :

- Ressource solaire du lieu géographique (latitude, altitude, les données météorologiques),
- Orientation des panneaux et inclinaison par rapport à l'horizontale,
- Ombre sur les panneaux (au cours de la journée, de l'année),
- Rendement de l'ensemble (panneaux, onduleur, pertes dans les câbles).

c. Esthétique : intégration dans l'environnement avec impact visuel harmonieux.

d. Ecologique : réduction de l'effet de serre.

e. Pédagogique: promotion des installations solaires.

f. Sécurisation : suivant le type d'installation solaire

- Installation avec stockage de l'énergie,
- Installation avec injection dans le réseau [19].

2.1.3- Différents installations de systèmes photovoltaïques

Nous distinguons trois types de Systèmes Photovoltaïques :

- Système autonome,
- Système raccordé au réseau,
- Système hybride.

2.1.3.1- Système autonome

Comme illustré sur la figure (2.2) en site isolé, le champ photovoltaïque (Panneaux solaires) peut fournir directement l'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner les récepteurs (éclairage et équipement domestique).

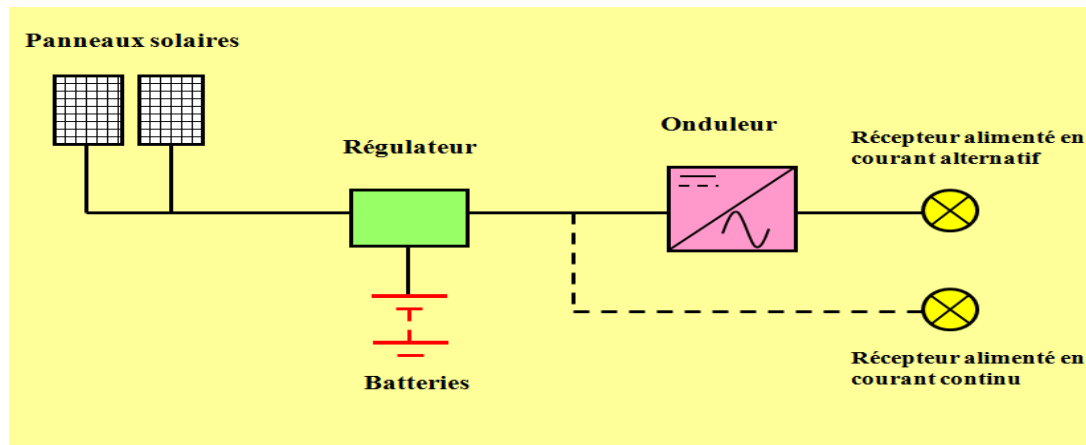


Figure (2.2) : Schéma de principe d'installation de système autonome [19]

Un système de régulation et une batterie permettent de stocker l'énergie électrique qui sera ensuite utilisée en l'absence du Soleil.

Les batteries sont utilisées pour stocker l'énergie électrique sous une forme chimique. Elles restituent l'énergie électrique au besoin selon ses caractéristiques.

Le régulateur de charge a pour fonction principale de protéger la batterie contre les surcharges et les décharges profondes. Il est un élément essentiel pour la durée de vie de la batterie.

On peut aussi utiliser des récepteurs fonctionnant en courant continu et alternatif. Dans ce cas, l'installation comprendra un onduleur.

On peut citer quelques exemples de systèmes autonomes, comme les balises en mer, les lampadaires urbains, le pompage solaire et les maisons en sites isolés [4].

2.1.3.2- Système raccordé au réseau

Un tel système s'installe sur un site raccordé au réseau. Généralement sur des habitations ou des entreprises qui souhaitent recourir à une forme d'énergie renouvelable et qui bénéficient d'un bon ensoleillement, voir Figure (2.1) [20]:

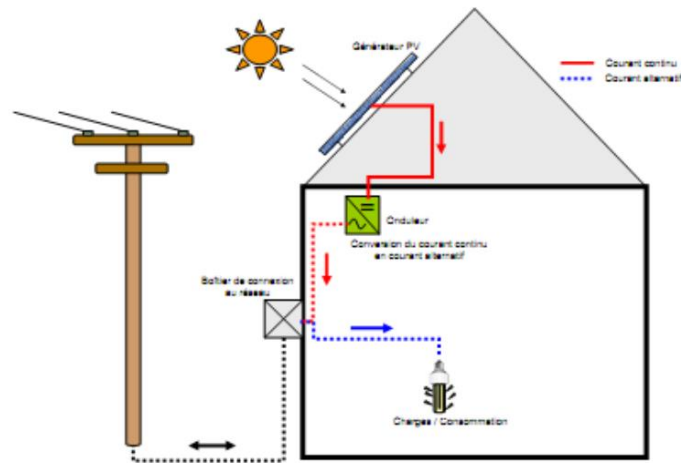


Figure (2.1) : Structure d'un système PV raccordé au réseau

2.1.3.3- Système hybride

Il s'agit de systèmes qui regroupent des sources d'énergie de nature différentes telle une installation éolienne, un générateur diesel ou une centrale de cogénération en plus du générateur photovoltaïque. Ce type d'installation est utilisé lorsque le générateur photovoltaïque seul ne couvre pas toute l'énergie requise [4].

2.1.3.3.1- Composants d'un système photovoltaïque autonome

Notre étude est basé sur le système autonome donc on va le détailler beaucoup plus en présentant leur composants :

a. 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 démontrable 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 [21].

b. Batteries

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 [18].



Figure (2.3) : Batterie de 150 Ah/12V

Dans les systèmes solaires autonomes on utilise principalement [22]:

- **Les batteries au plomb** : constituent l'investissement le plus économique pour un système multi-sources et présentent l'avantage d'être recyclable à plus de 90%. Cependant, ces batteries sont sensibles aux mauvais usages et leur durée de vie est souvent bien inférieure à celle du dispositif générateur d'électricité. En effet, les batteries au plomb dans leur technologie actuelle acceptent assez mal les décharges profondes.

La profondeur de décharge est en effet responsable de la dégradation de ces batteries, conduisant à une réduction notable de leur durée de vie lorsqu'elles sont utilisées dans des conditions extrêmes.

- **Les batteries alcalines (Ni/Cd et Ni/MH)** : sont beaucoup plus robustes mais aussi plus coûteuses. Elles sont mieux adaptées aux basses températures. Par contre, leur recyclage est compliqué à cause du cadmium qui est un métal lourd et polluant.
- **Les batteries au lithium** : présentent « techniquement » les meilleures performances. L'autodécharge des accumulateurs Li-ion est en effet faible alors que leur énergie massique stockée est relativement bien supérieure.
- **Les batteries « gel »** : L'électrolyte est figé par l'addition de gel de silice. Dans certaines batteries, de l'acide phosphorique est additionné afin d'améliorer la durée de vie en cyclage profond.

c. 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.

Le régulateur permet aussi d'effectuer un transfert optimal d'énergie du champ photovoltaïque à l'utilisation[18].

Il existe plusieurs modèles de régulateurs de différentes puissances :

- Régulateur Shunt,
- Régulateur Série,
- Régulateur PWM,
- Régulateur MPPT.



Figure (2.4) : régulateur de charge

d. 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 [18].

• Caractéristiques d'onduleurs

- ✓ Onduleurs légers (de basse puissance), ils fournissent en sortie une puissance de 100 à 10000W,
- ✓ Onduleurs de résistance moyenne, ils fournissent une puissance allant de 500 à 20000W,
- ✓ Onduleurs robustes (de grande puissance), Ils fournissent une puissance électrique allant de 10000 à 60000W.



Figure (2.5) : Onduleur de 1000W

e. Charges (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 [18].

f. Accessoires

Tels que les câbles qui assurent le raccordement des composants.

2.2-Dimensionnement d'installation PV

Le dimensionnement est un aspect fondamental de la conception du système. C'est l'ensemble des opérations nécessaires, une fois connue la consommation de l'installation, pour déterminer les dimensions optimales du générateur photovoltaïque, du système d'accumulation et capable de garantir cette consommation. Dans cette partie il ya deux paramètres particulièrement importants : Connaitre le rayonnement incident sur le système et déterminer avec précision la consommation. Certes, il est facile de calculer approximativement qui permettent de déterminer les dimensions des panneaux pour pouvoir couvrir les besoins en consommation d'une localité concrète [23].

2.2.1-Paramètres d'entrée intervenants dans le dimensionnement

D'une manière générale, les paramètres à prendre en compte pour concevoir et dimensionner un système photovoltaïque sont assez nombreux et concernent :

- Le lieu où sera placé le générateur PV,
- Le système PV (modules, régulateur, onduleur et batteries),
- La charge.

2.2.1.1-Paramètres relatifs au système PV

Les paramètres concernant le système donnent à titre indicatif un ordre de grandeur du rendement de l'installation, sont relatifs aux modules photovoltaïques, éléments de batterie, régulateur et onduleur existants dans le marché. Ces paramètres basés sur un critère liant d'un côté la satisfaction des besoins et le fonctionnement optimal du système et de l'autre la disponibilité[5].

2.2.1.2-Paramètres relatifs au site d'installation

Le dimensionnement du générateur PV est dicté par les conditions relatives au site. Pour adopter les capacités générateur PV / batterie, aux conditions de charge, il est indispensable de connaître les caractéristiques de l'irradiation solaire par jour ou par mois, soit l'énergie moyenne reçue sur un plan donné, à l'endroit même où sera situé le générateur PV.

Les données doivent être connues pour chaque mois de l'année. Elles peuvent être obtenues par des organismes nationaux de météorologie ou par des calculs (outil informatique), qui exigent les paramètres d'entrées suivants [24]:

- ✓ Latitude,
- ✓ Altitude,

- ✓ Réflectivité du sol ou albédo,
- ✓ Irradiation moyenne journalière la plus défavorable dans l'année, soit mesurée ou calculée.

2.2.1.3-Paramètres concernant le module PV

Les paramètres concernant le module PV sont [5]:

- ✓ Tension maximale,
- ✓ Courant maximal,
- ✓ Puissance maximale.

Les paramètres aux conditions standards (1000 W, 25 °C) sont donnés par le constructeur.

2.2.1.4- Paramètres concernant les batteries de stockage

Les paramètres relatifs au système de stockage sont donnés selon la disponibilité des batteries à capacité normalisée :

- ✓ Profondeur de décharge selon le constructeur,
- ✓ Rendement énergétique de la batterie.

2.2.1.5-Paramètres concernant le régulateur de charge

Les paramètres sont, la tension selon la puissance de la charge et le rendement donné par le constructeur.

2.2.1.6-Paramètres concernant l'onduleur

Pour l'onduleur continu/alternatif on précisera le rendement seulement, qui est aussi donné par le constructeur [24].

2.2.1.7- Paramètres concernant la charge

Les paramètres concernant la charge sont [5]:

- ✓ Type d'alimentation continue ou alternative,
- ✓ Puissance de la charge,
- ✓ Durée de fonctionnement moyenne par jour.

2.3-Méthodes de dimensionnement d'un système PV

Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement d'un système photovoltaïque :

2.3.1-Méthode de la probabilité d'erreur dans la consommation

Cette méthode permet d'optimiser le dimensionnement d'un système dans des conditions complexes (fluctuation saisonnières de l'irradiation, ciel couvert (nuageux),...etc.) grâce à un logiciel adapté. L'inconvénient de cette méthode est qu'il faut connaître les radiations pour un nombre d'années très grand (10 ans minimum) [7].

2.3.2-Méthode du mois le plus défavorable

Dans cette méthode, on estime l'énergie récupérable pour une période critique d'un mois, appelé le mois le plus défavorable. Ce mois correspond au mois pendant lequel la

valeur de l'irradiation moyenne mensuelle est la plus faible de l'année ou dans certains pays la période d'hivers est rude [25].

2.3.2.1-Dimensionnement du champ PV par la méthode du mois le plus défavorable

a. Calcul de la puissance crête totale du champ PV

La puissance crête totale du champ photovoltaïque, dépend de l'irradiation quotidienne du lieu d'utilisation, elle est donnée par [25] :

$$P_{pv} = \frac{E_c}{k \cdot I_r} \quad (2.1)$$

I_r : Irradiation du mois le plus défavorable

P_{pv} : Puissance crête du champ photovoltaïque

E_c : Energie consommée

k : Coefficient correcteur

b. Choix de la tension de fonctionnement du champ PV

On choisit la tension de fonctionnement en fonction de la puissance crête du champ PV en watt. De façon générale [25] :

- ✓ Moins de 500 watts crête : elle est de 12V
- ✓ De 501 à 2000 watts crête : elle est de 24V
- ✓ De 2001 à 10000 watts crête: elle est de 48V
- ✓ Plus de 10000 watts crête : elle est supérieure à 48V

c. Détermination du nombre de modules à installer

Le nombre des modules photovoltaïques est calculé en fonction des caractéristiques du module choisi et de la puissance crête du générateur par l'équation suivante [7]:

$$N_m = \frac{P_{pv}}{P_u} \quad (2.2)$$

P_{pv} : Puissance crête de l'installation

P_u : Puissance crête unitaire

- Le nombre de modules connectés en série est égale a

$$N_{m,s} = \frac{V_{pv}}{V_u} \quad (2.3)$$

V_{pv} : Tension du générateur PV.

V_u : Tension nominale unitaire.

- Le nombre de modules connectés en parallèle est égale à :

$$N_{m,p} = \frac{N_m}{N_{m,s}} \quad (2.4)$$

2.3.3-Méthode de la moyenne annuelle

Cette méthode est très proche de celle du mois le plus défavorable. Elle utilise aussi, l'irradiation journalière en (KWh/m²/jr), pour une durée d'une année [7].

2.3.4- Méthode LPSP

Probabilité de Perte d'énergie (**L**oss of **P**ower **S**upply **P**robability), est une technique probabiliste introduite par Abou Zahr et Ramakumar dans le domaine des systèmes de génération photovoltaïques et largement utilisée dans la conception et l'optimisation des systèmes autonome (stand alone), jusqu'à présent. Elle est basée sur le concept de LPSP qui est la probabilité que le système rencontre une pénurie à un moment donné pendant une période d'analyse, c'est-à-dire un état dans lequel le système ne serait pas en mesure de fournir l'énergie nécessaire à la charge.

Donc la méthode LPSP est définie comme étant la fraction de l'énergie déficitaire sur celle demandée par la charge. Elle exprime le taux de non-satisfaction de la charge. A partir de l'information sur la variabilité de la ressource renouvelable et sur la corrélation avec la charge, la méthode LPSP peut être définie, en termes d'état de charge des batteries par [13] :

$$E_{bat}(t) = E_{bat}(t-1)(1-\sigma) + \left(\frac{E_L(t)}{\eta_{ond}} - E_S(t) \right) \quad (2.5)$$

Où,

$E_{bat}(t)$: Energie stockée dans la batterie à une heure t

$E_{bat}(t-1)$: Energie stockée dans la batterie à l'heure précédente (t-1)

σ : Taux horaire d'autodécharge

$E_S(t)$: Energie produite par la source(Wh)

$E_L(t)$: Energie demandée par la charge à une date t (Wh)

η_{ond} : Rendement de l'onduleur

2.3.5-Méthode des heures équivalentes

Elle considère que l'intensité fournie par un module photovoltaïque est proportionnelle à l'ensoleillement, le calcul est effectué pour le mois le plus défavorable de l'année, on détermine alors le courant fourni par le champ photovoltaïque dans les conditions où la température est donnée par la relation [26]:

$$T_j = T_u + 25 \quad (2.6)$$

Où

T_u : Température diurne

L'énergie fournie par un module photovoltaïque ou une série de modules suivant la tension du système est donnée par l'expression suivante :

$$E = IV (G/B) \mu S \quad (2.7)$$

B : Eclairage de référence

V : Tension du générateur PV

μ : Coefficient d'intégration

S : Coefficient de sécurité

G : Energie incidente reçue sur le plan des modules

2.3.6-Méthode itérative

Connue aussi sous le nom de méthode « Ampère-heure » [22] cette méthode consiste à déterminer le nombre de panneaux photovoltaïques nécessaire pour satisfaire la demande, puis peu à peu à réduire ce nombre, tout en calculant le pourcentage des besoins énergétiques annuels fournis par le générateur PV et ainsi à compléter le reste par l'énergie fournie par un générateur complémentaire.

Etape1 : Evaluation de la puissance à produire E_p pour satisfaire la demande calcule l'énergie quotidienne nécessaire à produire en moyenne E_p afin de déduire les besoins pour chaque mois. Cette énergie peut être exprimée en Wh ou en « Ah sous 48 V ». Elle est égale à l'énergie consommée par la charge E_C corrigée par un coefficient k pour bien assurer les besoins de l'habitat :

$$E_p = \frac{E}{k} \quad (2.8)$$

Le coefficient k tient compte des facteurs suivants :

- ✓ Le rendement du convertisseur
- ✓ Le rendement des cycles de charge et de décharge de la batterie
- ✓ Les pertes dans les câbles et connexions

Etape 2 : Détermination de la capacité de stockage des batteries

La capacité des batteries est donnée par la formule suivante :

$$C_n = \frac{E_p \times N}{DOD \times f_t} \quad (2.9)$$

C_n : Capacité nominale de la batterie en Ampère-heure

E_p : Energie à produire par jour

N : Nombre de jours d'autonomie

DOD : Profondeur de décharge maximale admissible par les batteries (70% pour les batteries au plomb)

f_t : Facteur de réduction de température

$$f_t = \frac{C}{C_0} = 0.01035 \times Ta + 0.724 \quad (2.10)$$

Où

C : Capacité de la batterie

Ta : Température (en °C)

C_0 : Capacité de la batterie évaluée à 27°C

Etape 3 : Calcul de la puissance crête nécessaire P_C du générateur photovoltaïque pour chaque mois.

$$P_C = \frac{E_p}{\eta_{PC} \times T_{sun}} \quad (2.11)$$

E_p : Énergie produite par jour

T_{sun} : Temps équivalent avec pleine irradiation (heure par jour)

η_{PC} : Facteur de dégradation

Etape 4 : Détermination du nombre de panneaux photovoltaïques nécessaire chaque mois

$$N = \frac{P_C}{\text{puissance crête unitaire panneau}} \quad (2.12)$$

2.3.7-Méthode utilisabilité solaire

La méthode utilisabilité solaire [27] est un outil très puissant pour le dimensionnement des systèmes photovoltaïques. L'utilisabilité de la radiation solaire est définie comme étant la fraction de la radiation totale incidente sur la surface des panneaux PV, et qui excéderait un niveau spécifique appelé niveau critique.

Avant de donner la relation permettant de calculer l'utilisabilité solaire, il nous faut d'abord définir quelques paramètres.

a. Calcul du rendement moyen

Le rendement moyen du module PV η_p est fonction de la température moyenne du module

T_C :

$$\eta_p = \eta_r \left[1 - \beta_p (T_C - T_r) \right] \quad (2.13)$$

η_r : Rendement du module à la température de référence T_r (25°C)

β_p : Coefficient de température pour le rendement du module

T_C Est reliée à la température ambiante du mois T_a par la formule d'Evans :

$$T_C - T_a = \left(219 + 832 \overline{K_T} \right) \frac{NOCT - 20}{800} \quad (2.14)$$

NOCT (Nominal Operating Cell Température) : Température nominale des cellules en opération

$\overline{K_T}$: Indice de clarté mensuelle.

b. Énergie électrique produite par les panneaux PV

L'énergie produite par les panneaux PV durant une heure t de la journée, est donné par la relation suivante :

$$E_p(t) = S \cdot \eta_p \cdot \overline{I_t} \quad (2.15)$$

S : Surface de ces panneaux

η_p : Rendement moyen des cellules PV

$\overline{I_t}$: Irradiation horaire incidente sur la surface inclinée des panneaux

Cette énergie doit être réduite par les « pertes diverses du champ PV » λ_p et les « autres pertes du conditionnement de l'énergie » λ_c .

$$E_a(t) = E_p(t) (1 - \lambda_p) (1 - \lambda_c) \quad (2.16)$$

$E_a(t)$: Énergie disponible pour la charge électrique et l'accumulateur durant l'heure t .

2.3.8-Méthode simplifiée

Étape1 : 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.

L'énergie totale moyenne nécessaire chaque jour E_{cj} (Wh/j) est la somme des consommations énergétiques des divers équipements constituant le système à étudier, à savoir les télévisions, les lampes d'éclairage, les appareils électroniques, etc... ; Elle est donnée par la loi suivante :

$$E_{cj} = \sum E_j \quad (2.17)$$

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 [28]:

$$E_j = P_j \times t_j \times N_j \quad (2.18)$$

P_j : Puissance journalière d'un équipement

t_j : Temps de fonctionnement

N_j : Nombre des équipements

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

Les données de l'ensoleillement 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 [21].

Etape 3 : calcul du nombre de panneaux solaire

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Nombre des modules PV} = \frac{\text{Consommation journalière}}{\text{Production journalière}} \\ N_{ppv} = \frac{E_{cj}}{P_{ppv}} \end{array} \right. \quad (2.19)$$

Etape 4 : calcul de nombre de batteries

$$N_{batterie} = \frac{P_g}{P_{batterie}} \quad (2.20)$$

Avec : $P_g = E_{cj} \times \text{Nombre d'autonomie}$ (2.21)

Etape 5 : Choix de régulateur

Parmi les différents types de régulateurs, on doit choisir, celui qui est le mieux adapté à notre installation. Afin de déterminer ses caractéristiques on sépare souvent les deux fonctions de régulateur: (charge et décharge).

La régulation de charge (à l'entrée) est fonction de la puissance du générateur, donc du courant produit par les modules.

La régulation de décharge (à la sortie) est fonction de la puissance totale des récepteurs donc du courant consommé par ces derniers.

- **Tension nominale:**

C'est la tension nominale du champ photovoltaïque.

- **Le courant d'entrée :**

Doit être supérieur à la valeur maximale produite par le générateur. Pour estimer ce courant, on prend 1.5 fois le courant de court-circuit total des modules pour un régulateur shunt (pour de faible puissance), pour un régulateur série 1.5 fois le courant total au point de puissance maximale (pour moyenne puissance) et de même pour un régulateur MPPT (pour de grande puissance).

- **Le courant de sortie :**

Doit être supérieure à la valeur maximale appelée par les récepteurs lorsqu'ils fonctionnent tous au point maximum de leur puissance de fonctionnement [7].

Etape 6 : Choix de l'onduleur

Le dimensionnement sera basé sur [25]:

- ✓ Le rendement : c'est la conversion (DC/AC) qui atteint des valeurs assez élevées en fonctionnement nominal (égale à 0,8),
- ✓ La consommation à vide : c'est l'ensemble des pertes induites par l'onduleur en absence de charge, la diminution de ces pertes assure un bon stockage dans l'accumulateur,
- ✓ La fréquence sera **50Hz**,
- ✓ La tension d'entrée : elle est égale à celle de la batterie.

La puissance nominale est donnée par cette équation :

$$P_{ond} = \frac{P_n}{n_{ond}} \quad (2.22)$$

Etape 7 : Dimensionnement des câbles

Il est nécessaire de limiter la longueur des câbles électriques entre le générateur photovoltaïque et les récepteurs. Cette distance n'excède jamais quelques mètres. En effet les systèmes solaires fonctionnent généralement sous faible tension (12V, 24V, 48V), donc avec un courant élevé ($P=U \times I$), Si U est faible, I est très élevé pour la même puissance. Le transport à distance de ce courant de plusieurs ampères provoque des pertes par effet joule aux niveaux des conducteurs [7].

$$P_J = \Delta V \times I = R \times I^2 \quad (2.23)$$

On calcul de la sections des câbles, d'après les formules suivantes :

$$\left(\begin{array}{l} S = \frac{\rho \times L}{R} \\ R = \frac{\Delta V}{I} \\ \Delta V = e \times V \\ S = \frac{\rho \times I \times L}{e \times V} \end{array} \right. \quad (2.24)$$

Avec :

ρ : Résistivité du câble ($\rho=0.017$ ohm mm²/m pour le cuivre)

I : Intensité du courant électrique

L : Longueur du câble électrique

e : chute de la tension (3-5%)

V : tension du système PV

Chapitre 3
Application: Cas de la région
de M'sila en Algérie

3.1- Région de M'sila

La wilaya de M'sila est une wilaya d'Algérie en Afrique du Nord. Elle compte 990 592 habitants sur une superficie de 2 300km². La densité de population de la wilaya de M'sila est donc de 430,8 habitants par km². Le climat semi-aride sec et froide est le climat principal de la wilaya de M'sila.

Les coordonnées géographiques de la région de M'sila se présentent comme suit: 35.7058 degrés de latitude Nord, longitude 4.5419° Est, altitude 494 m et un temps légal horaire TU+1Fus.



Figure (3.1) : Localisation de la wilaya de M'sila

3.2-Présentation de l'habitat a étudié

On a pris deux maisons situées dans la ville de M'sila en Algérie, en décrivant dans le tableau ci-dessous :

	Maison1	Maison2
Nombre de personnes	6 personnes	7 personnes
Nombre de pièces	<ul style="list-style-type: none"> 6 chambres, un salon, 2 halls, une cuisine, un garage, 2 salles de bain, 2 couloirs et une cour. 	<ul style="list-style-type: none"> 5 chambres, un salon, 2 halls, 2 cuisines, un garage, 2 salles de bain, couloir et une cour.

Tableau (3.1) : Description de deux maisons

3.3- Estimation journalière

Pour estimer la consommation journalière de deux maisons, on applique la relation suivante :

$$E_j = p_j \times t_j \times N_j$$

Maison1 :

a) Energie totale consommée

$$E_{cj} = \sum E_j = 7824 \text{ Wh/j}$$

b) La puissance totale

Le réfrigérateur nécessite une puissance de démarrage=3fois la puissance de fonctionnement Donc la puissance de réfrigérateur est : $3 \times 185\text{w}=555\text{w}$

Puissance totale =Lampes (15W×21) +TV et Démo (80W×1) + Pompe à eau (550W×1) + Réfrigérateur (555W×1) +PC (45W×1) + Mobile (5W×8) + Autres utilisation (1244W×1)

$$\rightarrow P_{tot} : (315 \text{ W}+80\text{W}+550\text{W}+555\text{W}+45\text{W}+40\text{W}+1244\text{W}) =\mathbf{2829 \text{ W.}}$$

On a résumé les besoins énergétiques de maison 1 dans le tableau suivant:

Equipements	Puissance unitaire (W)	Temps de fonctionnement (heure)	Nombre	Puissance (W)	Consommation journalière (Wh/j)
Lampes	15	6	21	315	1890
TV+Démo	55+25	8	1	80	640
Pompe à eau	550	1	1	550	550
Réfrigérateur	185×3	6	1	555	3330
PC portable	45	2	1	45	90
Mobile	5	2	8	40	80
Autres utilisations	1244	1	1	1244	1244
				$P_{tot}=\mathbf{2829\text{W}}$	$E_{cj}=\mathbf{7824\text{Wh/j}}$

Tableau (3.2) : Besoins énergétiques journaliers pour maison 1

Maison2 :

a) Energie totale consommée

$$E_{cj} = 15290 \text{ Wh/j}$$

b) Puissance totale

$$P_{tot} = (150 \text{ W}+80\text{W}+555\text{W}+1500\text{W}+80\text{W}+350\text{W}+400\text{W}+50\text{W}+440\text{W}) =\mathbf{3605\text{W}}$$

Le tableau (3.3) résume les besoins électriques de la deuxième maison :

Equipements	Puissance unitaire (W)	Temps de fonctionnement (heure)	Nombre	Puissance (W)	Consommation journalière (Wh/j)
Lampes	15	6	10	150	900
TV+Démo	55+25	6	1	80	480
Réfrigérateur	185�3	6	1	555	3330
Climatiseur	1500	6	1	1500	9000
PC portable	80	2	1	80	160
Ordinateur bureau	350	2	1	350	700
Machine couture	400	1	1	400	400
Radio	50	2	1	50	100
Autres utilisations	440	0.5	1	440	220
				$P_{tot} = 3605W$	$E_{cj} = 15290Wh/j$

Tableau (3.3) : Besoins énergétiques journalières pour maison 2

3.4-Dimensionnements d'un système PV par la méthode simplifiée

Maison1 :

a) Calcul du nombre des panneaux photovolta ique

On prend un panneau photovolta ique mono cristallin **265W /30V**, il développe 265w pour un rayonnement de 1000 w/m^2 , nous devons calculer sa puissance pour la région de M'sila où les PPV vont être installés.

Le rayonnement solaire de M'sila est $224W/m^2$.

$$265W \rightarrow 1000 \text{ W} / m^2$$

$$X \rightarrow 224 \text{ W} / m^2$$

$$\rightarrow X = \frac{265 \times 224}{1000} = 59.36 \text{ w}$$

- En hiver \rightarrow environ 11h d'ensoleillement /jour \approx (7h38-18h05)

$$59.36W \times 11h = 652.96Wh/j$$

- En été \rightarrow environ 14h d'ensoleillement/jour \approx (5h37-20h08)

$$59.36W \times 15h = 890.4Wh/j$$

$$N_{ppv} = \frac{E_{cj}}{P_{ppv}}$$

$$\rightarrow N_{PPV} = \frac{7824}{652.96} = 11.982 \rightarrow \text{Besoin de 12 PPV}$$

- Le nombre de modules connectés en série sera :
 $N_{m,s} = 02$ modules en série.
- Le nombre de modules connectés en parallèles les sera :
 $N_{m,p} = 6$ modules en parallèles.

b) Calcul du nombre des Batteries

On suppose une autonomie de 2 jours \rightarrow la puissance globale stockée dans les batteries doit être égale à la consommation journalière $\times 2$

$$P_g = E_{cj} \times 2$$

$$\text{Puissance globale} = 7842 \times 2 \rightarrow P_g = 15648 \text{Wh.}$$

$$\text{On prend une batterie } 12\text{v}/150 \text{ Ah} \rightarrow P_{\text{batterie}} = 12\text{v} \times 150 \text{ Ah} = 1800 \text{Wh}$$

$$N_{\text{batterie}} = \frac{P_g}{P_{\text{batterie}}}$$

$$AN \rightarrow \frac{15648}{1800} \approx 9 \text{ batteries} \rightarrow \text{Besoin de } \mathbf{9} \text{ batteries de } \mathbf{12\text{v}/ 150\text{Ah}}.$$

- 01 batterie en série.
- 09 batteries en parallèles.

c) Choix d'onduleur

La puissance à développer par l'onduleur ($P_{\text{ond}} = ?$)

On a $P_{\text{tot}} = 2829 \text{ W}$ et l'onduleur ne développe que **80%** de sa puissance nominale, alors:

$$P_{\text{ond}} = \frac{P_{\text{tot}}}{0.8}$$

$$\rightarrow P_{\text{ond}} = \frac{2829}{0.8} = 3536.25 \text{ W}$$

$\rightarrow P_{\text{ond}} = 3536.25 \rightarrow$ on choisit un onduleur de **12V/4000W**.

d) Calcul de la section du câble électrique

La section du câble électrique est calculée par la formule suivante:

$$S = \frac{\rho \times L \times I}{\Delta V}$$

On a :

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{sc}} \times N_{\text{module en parallèle}} \quad (3.1)$$

$$I_{\text{tot}} = 8.83 \times 6 = 53 \text{A}$$

$$I_{\text{tot}} = 53\text{A} , L = 8\text{m}, \rho = 0.017\text{ohm mm}^2/\text{m}$$

$$S = \frac{0.017 \times 8 \times 53}{0.05 \times 48} \approx 3\text{mm}^2$$

$$\rightarrow S \approx 3\text{ mm}^2$$

Maison2 :

a) Calcul du nombre des panneaux photovoltaïques

Pour la maison 2, on prend un panneau photovoltaïque poly cristallin **350W/ 40V**

$$350\text{W} \rightarrow 1000\text{ W/m}^2$$

$$X \rightarrow 224\text{W/m}^2$$

$$\rightarrow X = \frac{350 \times 224}{1000} = 78.4\text{ W}$$

En été \rightarrow environ 15 h d'insolation/jour \approx (5h37-20h08)

$$78.4\text{W} \times 15\text{h} = \mathbf{1176\text{ Wh/j}}$$

$$\rightarrow N_{\text{PPV}} = \frac{15290}{1176} \approx 14 \rightarrow \text{Besoin de 14 PPV}$$

- Le nombre de modules connectés en série sera:

$$N_{m,s} = 02\text{ modules en série.}$$

- Le nombre de modules connectés en parallèle les sera:

$$N_{m,p} = 7\text{ modules en parallèles.}$$

b) Calcul du nombre de Batteries

$$P_g = 15290 \times 2 \rightarrow P_g = 30580\text{Wh.}$$

On prend une batterie **12V/150 Ah** $\rightarrow P_{\text{batterie}} = 12\text{v} \times 150\text{ Ah} = 1800\text{Wh}$

$$N_{\text{batterie}} = \frac{30580}{1800} \approx 17\text{ batteries}$$

Besoin de **17 batteries de 12v/ 150Ah.**

- 01 batterie en série.
- 17 batteries en parallèles.

c) Choix de l'onduleur

$$P_{cj} = 3605\text{ W}$$

$$P_{\text{ond}} = \frac{3605}{0.8} = 4506.25 \rightarrow P_{\text{ond}} = 4506.25 \rightarrow \text{on choisit un onduleur de } \mathbf{12V/5000W.}$$

d) Calcul de la section du câble électrique

$$\text{On a: } I_{\text{tot}} = 8.75 \times 7 = 61.25\text{A}$$

$$I_{\text{tot}} = 61.25\text{A}, L = 8\text{m}$$

$$\rightarrow S = \frac{0.017 \times 9 \times 61.25}{0.05 \times 64} \approx 3\text{ mm}^2$$

$$\rightarrow S \approx 3\text{ mm}^2$$

3.5- Présentation de logiciel de simulation PVSYSY

Le programme PVSYSY est un logiciel de simulation de systèmes photovoltaïques, développé initialement par le Groupe de Physique Appliquée (GAP) de l'Université de Genève [29]. Ce logiciel est 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.

PVSYSY permet d'importer des données météo d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données personnelles [21].

On lance le logiciel PVSYSY, l'interface suivante s'affiche :



Figure (3.2) : Interface de logiciel PVSYSY

La simulation à base du logiciel PVSYSY suit l'organigramme suivant :

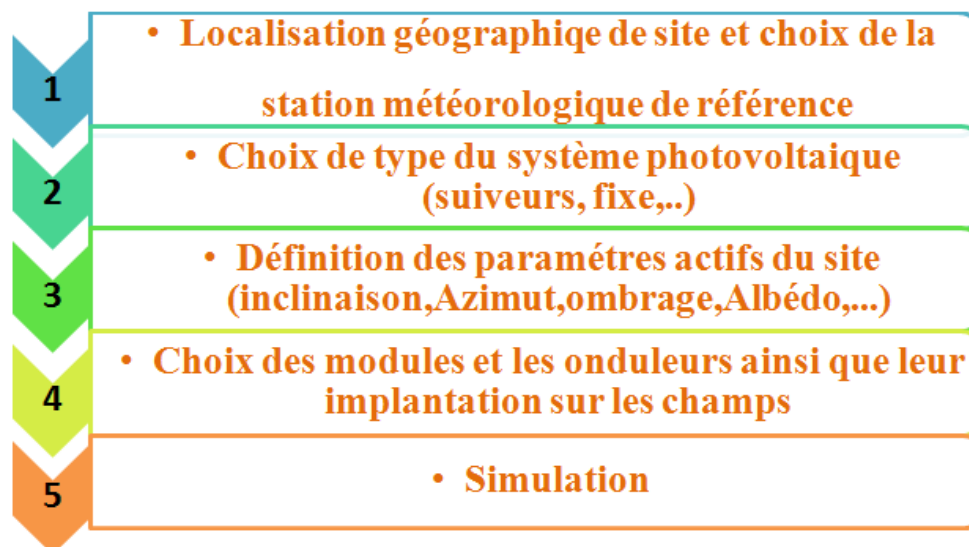


Figure (3.3) :Etapes de simulation avec PVSYSY

3.6- Conception et dimensionnement d'un système PV

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

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

3.7-Principaux résultats

3.7.1- Données météorologiques du site

Après avoir localisé le site, on clique sur le bouton « importer » pour importer les données météorologiques du site dans PVSYST, ces données mensuelles représentent l'irradiation, la température moyenne et la vitesse du vent :

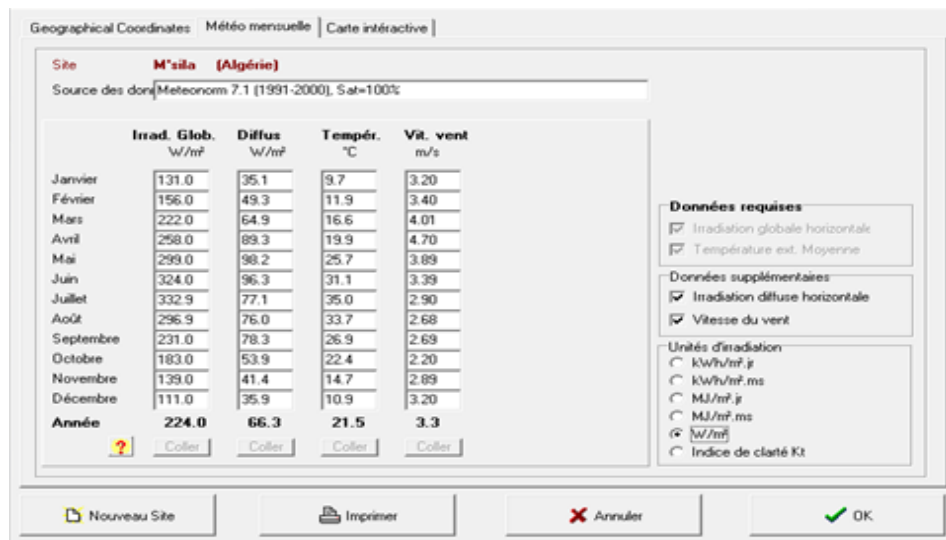


Figure (3.4) : Caractéristiques climatiques du site de M'sila

3.7.2- 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).

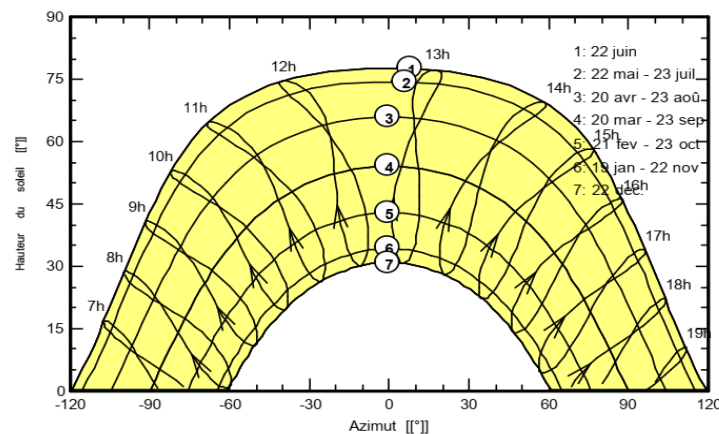


Figure (3.5) : Trajectoire du soleil à M'sila

3.7.3- 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.

Nous avons choisi un plan Incliné fixe par rapport à l'horizontale comme illustre la figure (3.6) c'est l'inclinaison optimale donnée par le logiciel PVSYST.

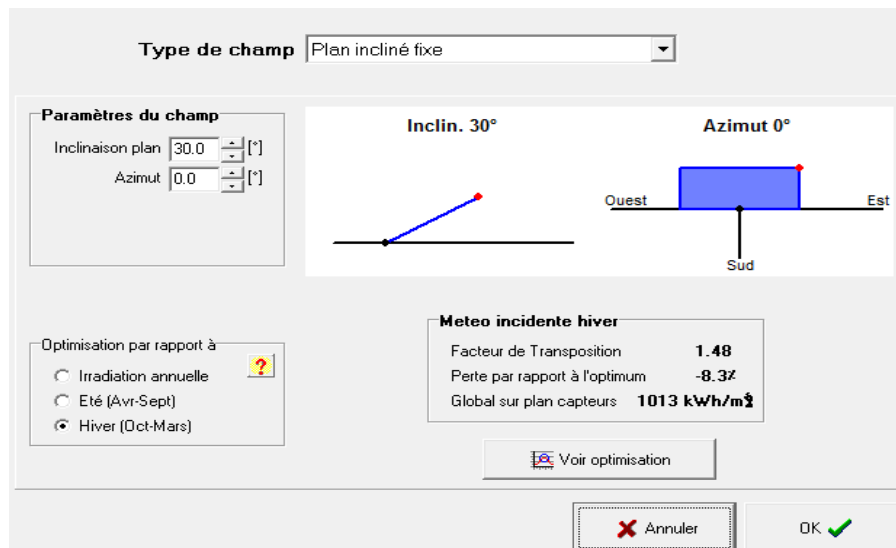


Figure (3.6) : Orientation et inclinaison du système PV

3.7.4-Schéma de l'installation PV

La figure (3.7) représente le schéma de l'installation PV autonome prise en compte dans la simulation.

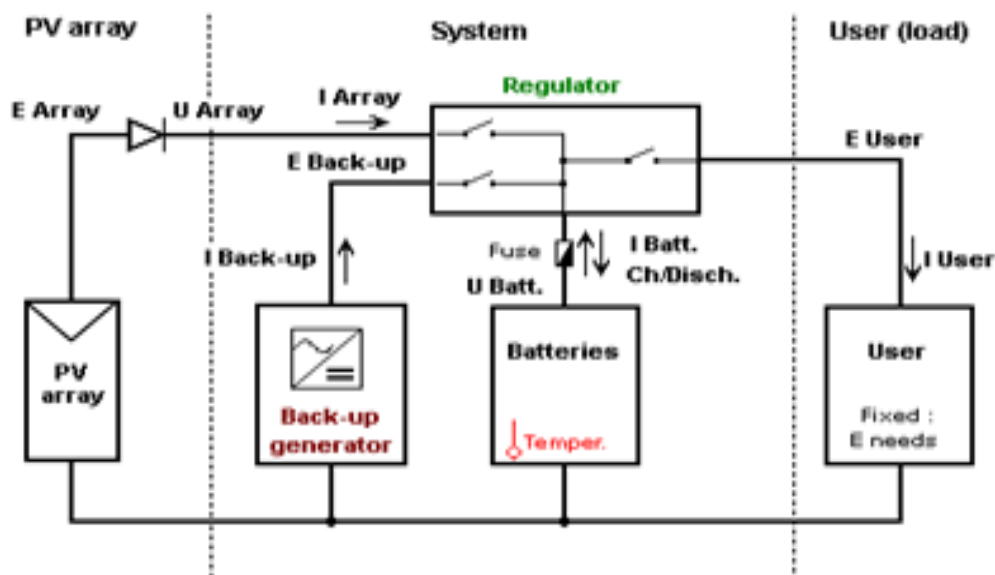
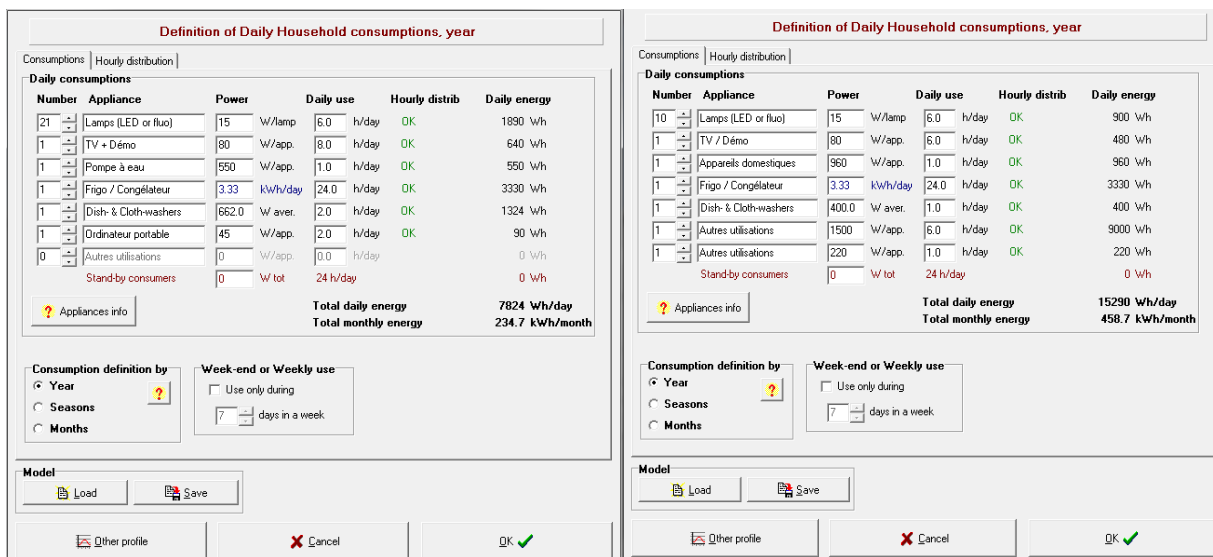


Figure (3.7): Schéma simplifié d'une installation PV autonome.

3.8- Résultats de simulation

3.8.1-Besoins électriques

La figure (3.8), montre les besoins d'utilisateur de deux maisons par le PVSYST :



a)- Maison1

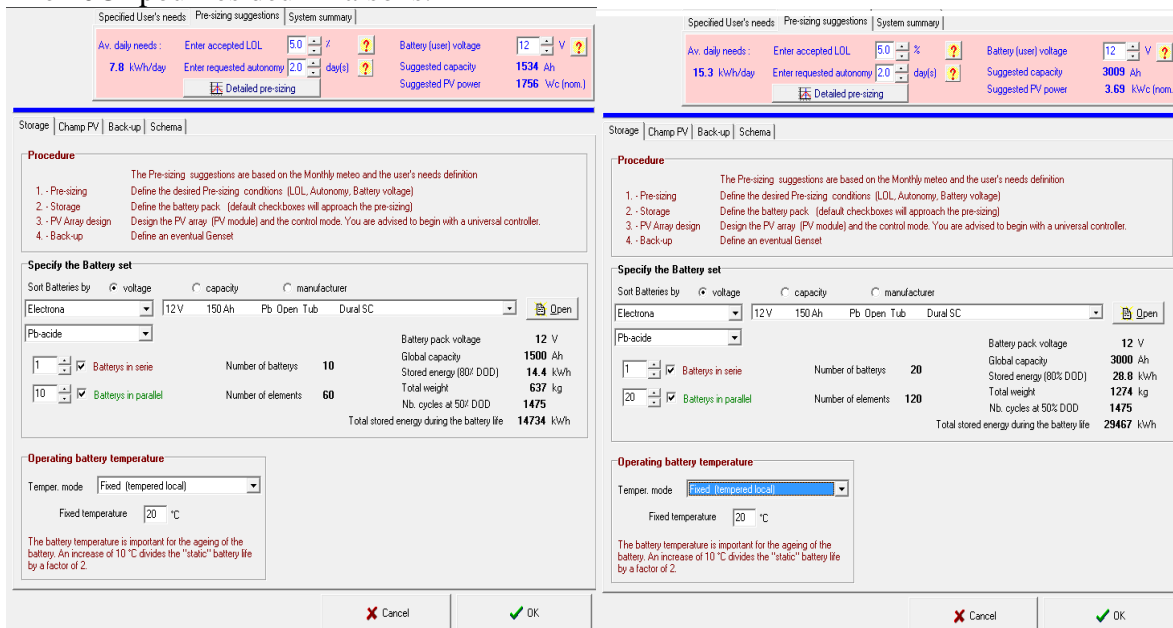
b)- Maison2

Figure (3.8): Besoins d'utilisateur

3.8.2-Simulation des équipements énergétiques

a. Batteries

On a choisi une batterie Electrona de type Pb-acide 12V/150Ah sous une température fixe 20°C pour les deux maisons.



a)- Maison1

b)- Maison2

Figure (3.9): Dimensionnement des batteries

- **Branchement des batteries pour maison1**

01 batterie en série.

10 batteries en parallèle.



Figure (3.10) : Branchement des batteries pour maison1

- **Branchement des batteries pour maison2**

01 batterie en série,

20 batteries en parallèle.

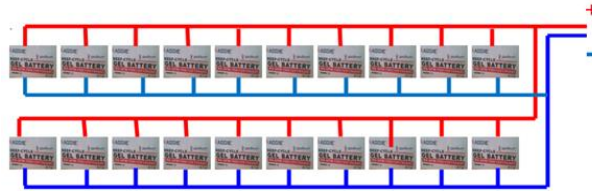


Figure (3.11) : Branchement des batteries maison2

b. Modules et onduleurs

Comme illustré sur la figure (3.12) : Dans la maison1, le champ PV sera constitué de 6 de modules V de 265W/30V (technologie mono cristallin) répartis sur une surface de 12m², comme suit :

- 01 module en série.
- 06 modules en parallèle.

On choisit un onduleur MPPT 300W/12V/139A.

Ainsi que dans la maison 2, le champ PV sera constitué de 8 de modules PV de 350W/40V (technologie poly cristallin) répartis sur une surface de 21m², comme suit :

- 01 module en série.
- 08 modules en parallèle.

On choisit un onduleur MPPT 300W/12V/254A.

a)- Maison1

b)- Maison2

Figure (3.12): Dimensionnement de module et onduleur

- **Branchement de PPV pour maison1**

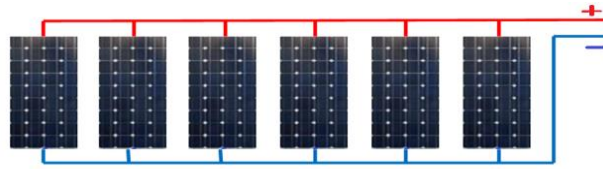


Figure (3.13): Branchement de PPV pour maison1

- **Branchement de PPV pour maison2**



Figure (3.14) : Branchement de PPV pour maison2

3.8.3-Rapport de simulation

Après la simulation par le PVSYSY de la consommation des deux maisons, on obtient deux rapports (voir la figure (3.15)) :

PVSYSY V6.70		31/05/19 21h13		Page 1/5		
Système isolé avec batteries: Paramètres de simulation						
Projet : Bouras's house						
Site géographique		M'Sila	Pays		Algérie	
Situation		Latitude 35.71° N	Longitude		4.54° E	
Temps défini comme		Fus. horaire TU+1	Altitude		494 m	
Données météo:		M'Sila	Meteonorm 7.1 (1991-2000), Sat=100% - Synthétique			
Variante de simulation : Simulation1						
Date de la simulation 31/05/19 à 21h12						
Paramètres de simulation		Type de système Stand-alone system				
Orientation plan capteurs		Inclinaison 30°	Azimut		0°	
Modèles utilisés		Transposition Perez		Diffus Perez, Meteonorm		
Caractéristiques du champ de capteurs						
Module PV		Si-mono	Modèle		TDB156X156-72-P 265W	
Original PVSyst database		Fabricant		Sun Earth Solar Power Co Ltd		
Nombre de modules PV		En série		6 chaînes		
Nombre total de modules PV		Nbre modules		Puisissance unitaire 265 Wc		
Puisissance globale du champ		Nominale (STC)		1590 Wc		
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp		45 A		
Surface totale		Surface modules		11.7 m²		
Surface cellule		10.3 m²				
Facteurs de perte du champ PV						
Fact. de pertes thermiques		Uc (const)	20.0 W/m²K		Uv (vent)	0.0 W/m²K / m/s
Perte ohmique de câblage		Rés. globale champ	12 mOhm		Frac. pertes	1.5 % aux STC
Perte diode série		Chute de tension	0.7 V		Frac. pertes	2.0 % aux STC
Perte de qualité module				Frac. pertes	1.5 %	
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
Paramètres du système						
Batterie		Type de système Système isolé avec batteries				
Modèle		Dural SC				
Fabricant		Electrona				
Caractéristiques du banc de batteries		Tension	12 V		Capacité nominale	1500 Ah
Nombre d'unités		10 en parallèle				
Température		Fixée (20°C)				
Régulateur						
Modèle		Universal controller with MPPT converter				
Technologie		MPPT converter		Coeff. de temp. -5.0 mV/°C/elem.		
Efficacité maxi et EURO		97.0 / 95.0 %				
Seuils de régulation batterie		Seuils de commande selon Charge		SOC calculation		
Décharge		SOC = 0.92 / 0.75		i.e. approx. 13.5 / 12.5 V		
		SOC = 0.20 / 0.45		i.e. approx. 11.8 / 12.2 V		
Besoins de l'utilisateur :						
Consomm. domestique moyenne		Constants sur l'année 7.8 kWh/Jour				

a)- Maison1

PVSYSY V6.70		31/05/19		Page 1/4		
Système isolé avec batteries: Paramètres de simulation						
Projet : Djilat maison						
Site géographique		M'sila	Pays		Algérie	
Situation		Latitude 35.71° N	Longitude		4.54° E	
Temps défini comme		Fus. horaire TU+1	Altitude		494 m	
Données météo:		M'sila	Meteonorm 7.1 (1991-2000), Sat=100% - Synthétique			
Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation						
Date de la simulation 31/05/19 à 00h02						
Paramètres de simulation		Type de système Stand-alone system				
Orientation plan capteurs		Inclinaison 30°	Azimut		0°	
Modèles utilisés		Transposition Perez		Diffus Perez, Meteonorm		
Caractéristiques du champ de capteurs						
Module PV		Si-poly	Modèle		VSG 350	
Original PVSyst database		Fabricant		Ertex Solar		
Nombre de modules PV		En série		2 modules		
Nombre total de modules PV		Nbre modules		Puisissance unitaire 350 Wc		
Puisissance globale du champ		Nominale (STC)		2800 Wc		
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp		29 A		
Surface totale		Surface modules		21.0 m²		
Facteurs de perte du champ PV						
Fact. de pertes thermiques		Uc (const)	20.0 W/m²K		Uv (vent)	0.0 W/m²K / m/s
Perte ohmique de câblage		Rés. globale champ	49 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	2.5 %	
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
Paramètres du système						
Batterie		Type de système Système isolé avec batteries				
Modèle		Dural SC				
Fabricant		Electrona				
Caractéristiques du banc de batteries		Tension	12 V		Capacité nominale	3000 Ah
Nombre d'unités		20 en parallèle				
Température		Fixée (20°C)				
Régulateur						
Modèle		Universal controller with MPPT converter				
Technologie		MPPT converter		Coeff. de temp. -5.0 mV/°C/elem.		
Efficacité maxi et EURO		97.0 / 95.0 %				
Seuils de régulation batterie		Seuils de commande selon Charge		SOC calculation		
Décharge		SOC = 0.90 / 0.75		i.e. approx. 13.1 / 12.4 V		
		SOC = 0.20 / 0.45		i.e. approx. 11.7 / 12.1 V		
Besoins de l'utilisateur :						
Consomm. domestique moyenne		Constants sur l'année 15.3 kWh/Jour				

b)- Maison2

Figure (3. 15) : Paramètres de simulation de deux maisons

Pour notre étude le résultat concernant l'énergie incidente de référence sur le plan des panneaux de deux maisons est 6.274 KWh/jour pour un fonctionnement en mode normal.

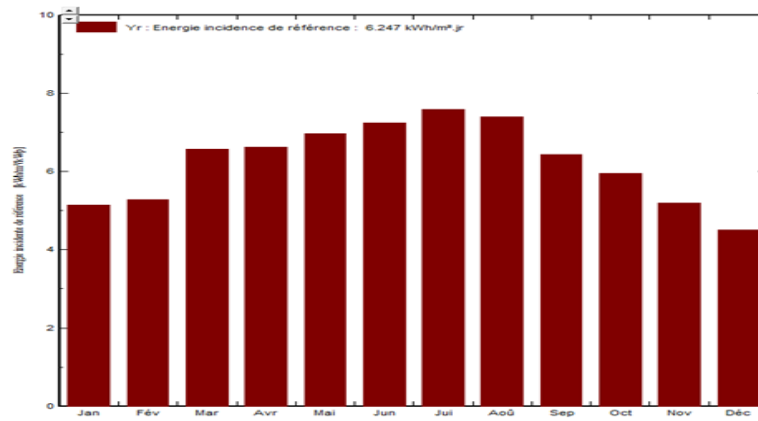


Figure (3.16): Energie incidente de référence sur le plan des panneaux

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

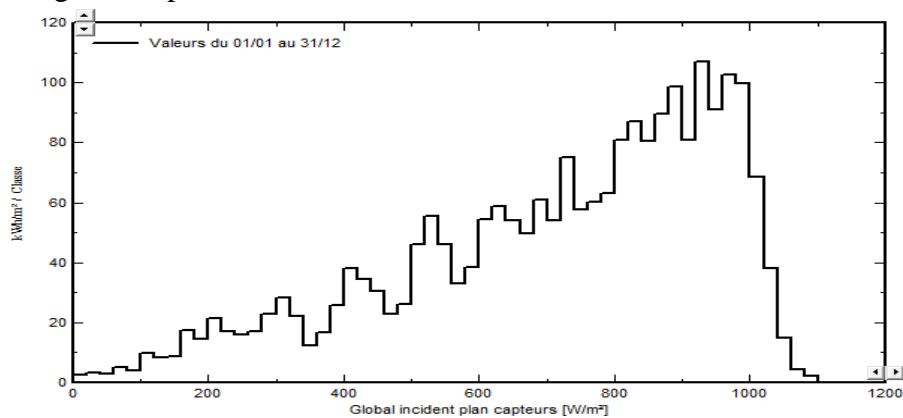


Figure (3.17) : Distribution annuelle de rayonnement incidente

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.

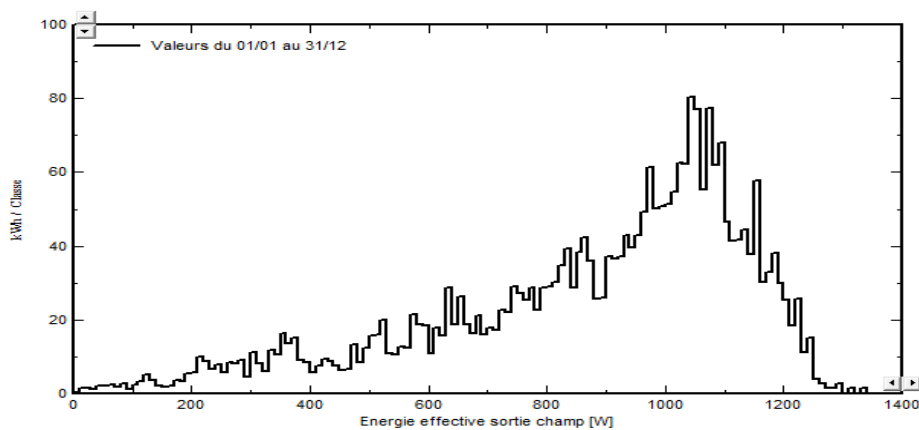


Figure (3.18) : Distribution annuelle de la puissance en sortie du champ PV

En plus des bilans mensuels et annuels, le résultat le plus signifiant est présenté sous forme de diagramme d'Entrée/Sortie reportant, l'énergie produite en fonction de l'énergie effectuée sortie champ (Figure (3.19)).

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

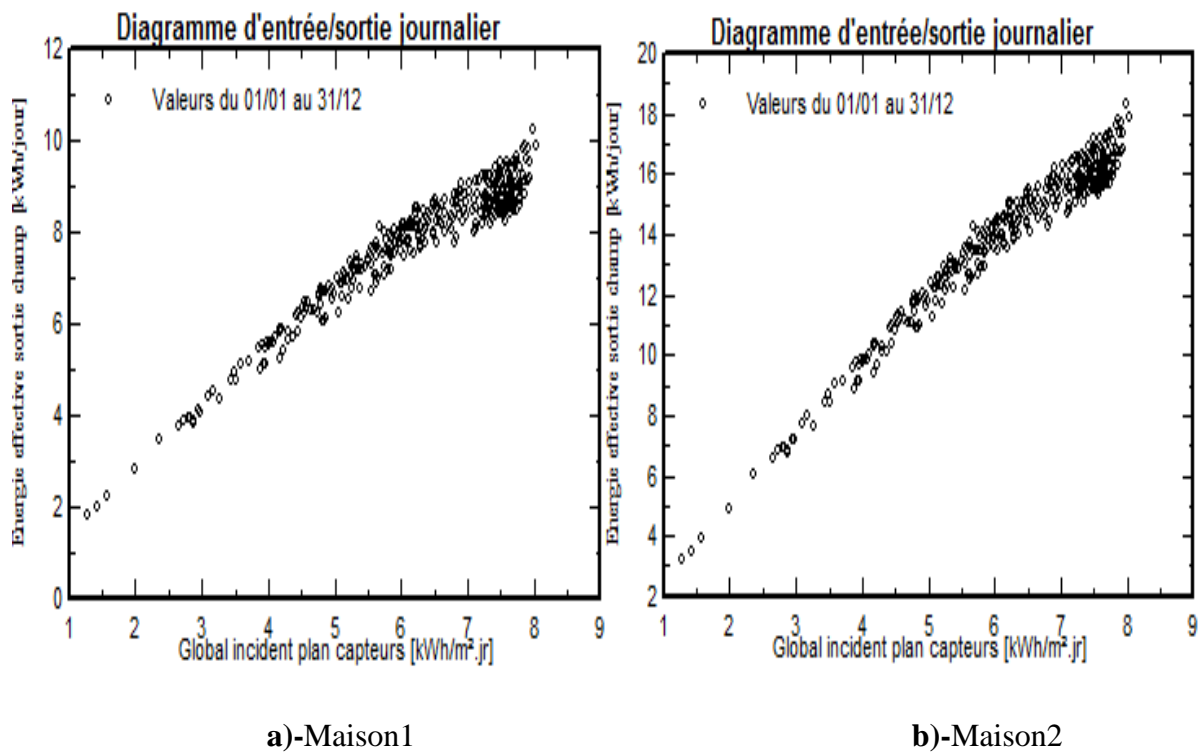


Figure (3.19) : Diagramme d'entrée/sortie journalier du système PV

3.9-Comparaison entre la méthode utilisée et la simulation

Suite aux résultats obtenus par calcul et simulation numérique de logiciel PVSYSY, nous résumons dans le tableau ci-dessus :

	Maison1		Maison2	
	N _{PPV}	N _{batterie}	N _{PPV}	N _{batterie}
Calcul	12	9	14	17
Simulation	6	10	8	20

Tableau (3.4) : Les résultats par calcul et simulation de PVSYSY

Conclusion

Conclusion

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

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

Nous avons présenté les notions fondamentales concernant le principe de l'effet photovoltaïque, le potentiel solaire et les différentes technologies des cellules solaires.

Nous avons présenté les différentes méthodes de dimensionnement d'un système PV. Nous avons fait une étude comparative par la méthode analytique et par la méthode de simulation via logiciel PVSYST en choisissant deux maisons situées dans la ville de M'sila.

Le dimensionnement à l'aide du logiciel PVSYST a montré que couvrir les besoins de notre installation, on aura besoin de 6 panneaux PV de 265 W, 10 batteries de 12V/150Ah pour la maison1 et 8 panneaux PV de 350W, 20 batteries de 12V/150Ah pour la maison2.

Suivant notre étude comparative, on a trouvé que le dimensionnement par PVSYST donne des bons résultats par rapport au dimensionnement par la méthode analytique.

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

Bibliographies

- [1] BENSALÉM Salah Eddine, «Effets de la température sur les paramètres caractéristiques des cellules solaires», Mémoire Magister, Université Ferhat Abbas de Sétif (06/01/2011).
- [2] ZIDANE Noureddine, «Étude et Dimensionnement des Systèmes de Production d'Énergies Renouvelables», Mémoire Magister, Université Ferhat Abbas de Sétif 1 (02/12 / 2014).
- [3] http://www.energy.gov.dz/fr/enr/Guide_Enr_fr.pdf
- [4] BOUKLI-HACENE Omar, «Conception et Réalisation d'un Générateur Photovoltaïque Muni d'un Convertisseur MPPT pour une Meilleure Gestion Énergétique», Thèse de Magister, Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen (Décembre 2011).
- [5] ZERROUKI Zolikha et BEREKSI REGUIG Rym «Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome », Mémoire de master, Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen (2016 / 2017).
- [6] BOUKHERS Djamil «Optimisation d'un système d'énergie photovoltaïque Application a pompage», Mémoire de Magister, Université Mentouri de Constantine (28/ 11/ 2007).
- [7] ZIDANE Ammar, «Etude et dimensionnement d'une installation photovoltaïque au niveau d'un puits de gaz» Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira de Bejaïa (Promotion Juin 2012).
- [8] HANANOU Fatiha et ROUABAH Aïcha, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah de Ouargla (09 /06/2014).
- [9] <http://www.viridiselec.com/m-77-fonctionnement.html>
- [10] El AZZOUZY Chaymae, «Dimensionnement d'une installation photovoltaïque», Rapport de fin d'étude, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah de Fes-Maroc (15 Juin 2015).
- [11] BOULECHFAR Hicham, «Conversion photovoltaïque », Cours Master 1, Université Mohamed Boudiaf de M'sila (2017/2018).
- [12] http://www.planete-sciences.org/blogs/defissolaires/2015_ly_saintjoseph/files/2011/09/GRA-B-LUNDI-Fonctionnement-des-Cellules-solaires-MILLEREUX-MOGA.pdf
- [13] BENCHERIF Mohammed, « Modélisation de systèmes énergétiques photovoltaïques et éoliens intégration dans un système hybride basse tension », Thèse de doctorat, Université Abou-Bakr Belkaïde de Tlemcen.
- [14] <https://fr-static.z-dn.net/files/d9e/1059a79cf5cb4e0ca98788107f427c43.pdf>
- [15] http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/8110/3/Chapitre_1_final.pdf
- [16] THOMAS Mambrini, «Caractérisation de panneaux solaires photovoltaïques en conditions réelles d'implantation et en fonction des différentes technologies», Thèse de doctorat, Université PARIS-SUD (16 décembre 2014).

- [17] MANSOUR Salaheddine, «Etude de Dimensionnement optimal d'une station solaire autonome en site isolé», Mémoire de Master, Université Abou-Bakr Belkaide de Tlemcen (23 Juin 2014).
- [18] MATALLAH Sorya, «Dimensionnement et simulation d'un système photovoltaïque pour alimenter un habitat dans la wilaya d'Ouargla», Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah de Ouargla (07/06/2015).
- [19] <http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/pedagogiques/831/831-presentation.ppt>
- [20] MISSOUM Mohammed, «Contribution de l'énergie photovoltaïque dans la performance énergétique de l'habitat à haute qualité énergétique en Algérie», Mémoire de Magister, Université Hassiba BENBOUALI de Chlef (11 décembre 2011).
- [21] BOUKHLIF Hamza, « Dimensionnement technique d'une installation photovoltaïque De 300kw », Mémoire de Master, Université M'hamed Bougara de Boumerdes, promotion juin 2017.
- [22] DHAKER Abbes, « Contribution au dimensionnement et à l'optimisation des systèmes hybrides éoliens-photovoltaïques avec batteries pour l'habitat résidentiel autonome », Thèse de Doctorat, Université de Poitiers (20 juin 2012), Disponible sur Internet <<http://theses.univ-poitiers.fr>>.
- [23] NDIAYE Modou, « conception et optimisation d'un modèle d'électrification hybride raccordé au réseau de distribution de la SENELEC application à la résidence hôtelière MOUNA NDAYANE », Diplômé d'ingénieur de conception (2002/2003).
- [24] SEMAOUI Smaïl, « Etude de l'électrification d'un village avec de l'énergie solaire photovoltaïque », Mémoire de Magister, Université de Ouargla (23 /06/ 2004).
- [25] IAMARENE Samir «Dimensionnement d'une installation photovoltaïque pour un site (BTS, BSC) du réseau télécom watania», Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira de Bejaia (19/09/2012).
- [26] B.ChIKH-BLED, I.SARI-ALI Et B. BENYOUCEF, Revue Internationale technique, « Méthode de dimensionnement optimal d'une installation photovoltaïque », N° 41 (2010)25-30 , Université Abou-BakrBelkaïd, Faculté des Sciences.
- [27] http://bibfac.univ-tlemcen.dz/bibfs/opac_css/doc_num.php?explnum_id=277
- [28] MERAD Souheyla née MAMOUN, « Dimensionnement d'une Installation Photovoltaïque d'un lieu peu fréquenté: Cas d'un Cabanon Situé à Marsat Ben M'Hidi (TLEMEN) », Mémoire de Master, Université Abou-Bakr Belkaidde Tlemcen, 8 Juin 2010.
- [29] MOSTAHSINE Smail, «Etude comparatif de panneaux solaires photovoltaïques à Ifrane», Rapport de licence, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah 16 Jin 2015.

Résumé :

L'électricité photovoltaïque est obtenue par la transformation directe de la lumière du soleil en électricité, au moyen d'un système photovoltaïque.

Le but de ce travail est consacré à présenter différentes méthodes analytiques de dimensionnement d'un système PV en comparant avec la simulation par logiciel PVSYST.

On a fait une étude à la région de M'sila prenant une consommation journalière pour deux maisons 7.8 KWh et 15.3 KWh respectivement, on trouve que les résultats obtenus par la simulation c'est mieux que le calcul.

Abstract :

Photovoltaic electricity is obtained by the direct transformation of sunlight into electricity, by means of a photovoltaic system.

The aim of this work is to present different analytical methods of sizing a PV system by comparing with PVSYST software simulation.

A study was made in the area of M'sila taking a daily consumption for two houses 7.8 KWh and 15.3 KWh respectively, we find that the results obtained by the simulation is better than the calculation.

ملخص :

إنتاج الكهرباء يتم بواسطة تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء بواسطة ما يسمى بالنظام الكهروضوئي. الهدف من هذا العمل هو تقديم مختلف الطرق التحليلية لحساب المنظومة الكهروضوئية ومقارنتها مع طريقة عددية للمحاكاة ببرنامج PVSYST .

الدراسة تمت في منطقة المسيلة بأخذ استهلاك يومي لمنزليين 7.8 و 15.3 كيلوواط ساعي على التوالي. من خلال النتائج المتحصل عليها وجدنا أن الطريقة العددية أفضل من الطريقة التحليلية .