

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

ECOLE SUPERIEURE EN SCIENCES APPLIQUEES
-Tlemcen-

المدرسة العليا للعلوم التطبيقية
- تلمسان -

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur

Filière : Électrotechnique

Spécialité : Énergie et environnement

Présenté par : AZZI Seyyid Ahmed

Thème

**Etude, dimensionnement et réalisation d'une
station solaire photovoltaïque
Etude de cas : Clinique du groupe SOPREC**

Soutenu publiquement, 6/7/2022, devant le jury composé de :

MERAD Lotfi	Professeur	ESSAT	Président
M.BOUKLI HACENE Fouad	Professeur	ESSAT	Directeur de mémoire
BEN BOUDJELTIA Badr Eddine	Ingénieur	Groupe SOPREC	Co- Directeur de mémoire
KERBOUA Abdelfattah	MCB	ESSAT	Examineur 1
CHEMIDI Abdelkrim	MCA	ESSAT	Examineur 2

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

Tout d'abord, je voudrais remercier Allah, tout puissant, Qui nous a donné la force de mener à bien cette étude.

Je remercie Monsieur Fouad BOUKLI HACENE ; Encadreur de ce travail et Le Co-Encadreur BENBOUDJELTIA Badr Eddin ; Pour l'aide et le temps qu'ils m'ont consacré.

Je tiens également à remercier sincèrement les membres du jury :

Pr MERAD Lotfi; Mr A.KERBOUA et Mr A.CHEMIDI.

Merci pour tout.

Dédicaces

À ma chère mère et mon père pour chaque sacrifice qu'ils ont fait pour moi, l'amour qu'ils m'ont donné, leur soutien et leurs prières pendant mes études,

Merci à mon oncle de l'avoir soutenu dans toutes les étapes de ma vie,

Merci ma chère sœur pour ses encouragements constants et son soutien à mon âme,

Je remercie tous ceux qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours universitaire,

Seyyid Ahmed

Résumé

Cette étude porte sur le dimensionnement et la réalisation de la station solaire pour l'alimentation de la clinique du groupe SOPREC à Chleff. Cette étude s'intègre dans le cadre global de la politique du gouvernement sur la transition énergétique. Notre démarche s'articule sur la production de l'électricité par les systèmes à base d'énergie renouvelable notamment le solaire afin de répondre aux besoins de consommation énergétique du site d'étude. En effet, le dimensionnement est basé sur une étude détaillée de l'ensoleillement du site en question et l'estimation de la consommation énergétique du bloc administratif. Par la suite, une évaluation du rendement de la station s'est avérée importante pour valoriser le fonctionnement de la station. L'énergie électrique produite par la station photovoltaïque est déterminante afin de répondre aux besoins de la charge et d'évaluer les performances du système en question.

Mots clés :

Energies renouvelables, transition énergétique, Consommation énergétique, l'ensoleillement, Dimensionnement, Réalisation.

ملخص

تعلق هذه الدراسة بتحجيم وبناء محطة الطاقة الشمسية لتزويد عيادة مجموعة SOPREC في الشلف. هذه الدراسة هي جزء من الإطار العام لسياسة الحكومة بشأن تحويل الطاقة. يعتمد نهجنا على إنتاج الكهرباء بواسطة أنظمة تعتمد على الطاقة المتجددة، ولا سيما الطاقة الشمسية، من أجل تلبية احتياجات استهلاك الطاقة في موقع الدراسة. في الواقع، يعتمد تحديد الأبعاد على دراسة تفصيلية لى أشعة الشمس للموقع المعني وتقدير استهلاك الطاقة للكتلة الإدارية. بعد ذلك، ثبت أن تقييم أداء المحطة مهم في تقييم أداء المحطة. تعتبر الطاقة الكهربائية التي تنتجها المحطة الكهروضوئية حاسمة من أجل تلبية احتياجات الحمل وتقييم أداء النظام المعني.

الكلمات المفتاحية:

الطاقة المتجددة، التحويل الطاقي، الاستهلاك الطاقي، تحجيم، انجاز، أشعة الشمس.

Abstract

This study concerns the sizing and construction of the solar station for the supply of the SOPREC group clinic in Chlef. This study is part of the overall framework of the government's policy on energy transition. Our approach is based on the production of electricity by systems based on renewable energy, in particular solar; in order to meet the energy consumption needs of the study site. Indeed, the dimensioning is based on a detailed study of the sunshine of the site in question and the estimate of the energy consumption of the administrative block. Subsequently, an evaluation of the performance of the station proved to be important in evaluating the functioning of the station. The electrical energy produced by the photovoltaic station is decisive in order to meet the needs of the load and to evaluate the performance of the system in question.

Keys words:

Renewable energy, Energy transition. Energy consumption, Sunshine, Dimensioning, Realization.

Table de matière

Remerciements	I
Dédicace	II
Résumé	III
ملخص	VI
Abstract	V
Table de matière	VI
Liste des figures	IX
Liste des tableaux	XII
Liste des Equations	XIII
Liste des abréviations	XVI
Introduction générale	1
Chapitre I : Production et potentiel de l'énergie Algérie	
1.1 Introduction	3
1.2 Le Secteur énergétique en Algérie	3
1.2.1 La consommation énergétique en Algérie	5
1.3 L'énergie solaire en Algérie	6
1.4 Potentiel solaire de l'Algérie	6
1.5 Programme de développement des énergies renouvelables en Algérie	7
1.6 Capacité de production d'énergie renouvelable dans le monde	8
1.7 Les marchés du photovoltaïque dans le monde	9
1.8 Conclusion	10
Chapitre II Les différentes installations photovoltaïques	
2.1 Introduction	12
2.2 Les différents systèmes photovoltaïques et leurs applications	12
2.2.1 Systèmes photovoltaïque raccordés au réseau	13
2.2.1.1 Systèmes PV raccordés au connectée avec injection Totale	13
2.2.1.2 Systèmes PV connectés au réseau avec autoconsommation	14
2.2.2. Systèmes PV hybrides	16
2.3 Le rayonnement solaire	17
2.3.1 Le Spectre solaire	18
2.3.2 Les composantes du rayonnement solaire	19

2.3.4 Conversion PV	20
2.4 Les composants principaux du système PV	21
2.4.1 Le générateur PV	20
2.4.2 Les batteries	22
2.4.3 Les régulateurs de charge	24
2.2.2 L'onduleur	24
2.5 Conclusion	25
Chapitre III Dimensionnement du système PV	
3.1 Introduction	27
3.2 Définition et l'objectif du dimensionnement	27
3.3 Méthodes de dimensionnement	27
3.3.1 Méthodes logicielles	27
3.3.2 Méthodes classiques	27
3.4 Dimensionnement d'un système solaire	28
3.4.1 Dimensionnement d'un système solaire par des méthodes classiques	28
3.4.1.1 Estimation des besoins quotidiens en électricité de l'utilisateur	28
3.4.1.2 Estimation de l'énergie solaire reçue	28
3.4.1.3 Données statistiques	28
3.4.1.4 L'inclinaison et l'orientation optimales du champ photovoltaïque	29
3.4.1.5 Approche de dimensionnement de la puissance de pointe PV	30
3.4.1.6 Choix de la tension de fonctionnement du système PV	31
3.4.1.7 Dimensionnement du parc de batteries	32
3.4.1.8 Dimensionnement du contrôleur de charge	33
3.4.1.9 Dimensionnement de l'onduleur	33
3.4.1.10 Dimensionnement du câblage ; (les fils)	33
3.4.2 Dimensionnement d'une installation solaire avec des méthodes logicielles	34
3.4.2.1 Présentation du logiciel de simulation PVsyst	34
3.4.2.2 Localisation et données météorologiques	35
3.4.2.3 Orientation des modules PV	36
3.4.2.4 Définir les besoins de l'utilisateur	37
3.4.2.5 Prédimensionnement	38
3.4.2.6 Conception	39

3.4.2.7 Simulation	40
3.5 Conclusion	41
Chapitre IV Étude de cas	
4.1 Introduction	43
4.2 Présentation du site	43
4.3 Le système Off-Grid	45
4.3.1 Dimensionnement Avec des méthodes classiques	45
4.3.2 La réalisation de système	52
4.4 Le système On-grid	61
4.4.1 Dimensionnement avec des méthodes classiques	62
4.4.2 Dimensionnement avec PVsyst	64
4.4.3 La réalisation du système	67
4.5 Potentiel énergétique du projet	74
4.5.1 Potentiel énergétique	74
4.5.2 Analyse et simulation des systèmes :	77
4.5.2.1 Système Off-grid	77
4.5.2.2 Système On-grid	78
4.6 Etude techno-économique du projet	79
4.6.1 Le Coût total du projet	79
4.6.2 La Rentabilité du projet	79
4.6.3 La durée d'amortissement de l'installation	80
4.6.4 Le prix de Kilowattheure Solaire	80
4.7 Conclusion	80
Conclusion Générale	81
Références	84
Annexes	87

Liste des Figures

Figure 1: Population sans accès à l'électricité, par région ou pays (2000-2016)	3
Figure 2: Consommation kWh par habitant en Algérie	4
Figure 3 : Emission des gaz à effet de serre en Algérie	5
Figure 4: Potentiel solaire en Algérie	7
Figure 5: Développement des énergies renouvelables en Algérie	8
Figure 6: Ajouts annuels de capacité d'énergie renouvelable 2013-2019	9
Figure 7: Capacité mondiale solaire PV et ajouts annuels 2009-2019	10
Figure 8: les différents systèmes photovoltaïques	12
Figure 9: Exemple de système photovoltaïque à injection totale sans stockage	13
Figure 10: Exemple de système photovoltaïque à injection totale avec stockage	14
Figure 11: Système photovoltaïque à injection partielle sans stockage	14
Figure 12: Exemple de système photovoltaïque à injection partielle avec stockage	15
Figure 13: Exemple de système hybride avec stockage	16
Figure 14: Système hybride sans stockage	17
Figure 15: Mouvement de la terre autour du soleil et sur elle –même	18
Figure 16: Schéma de la variation de la répartition spectrale énergétique	18
Figure 17: La position relative du Soleil	19
Figure 18 : Les composantes du rayonnement solaire	20
Figure 19: Panneaux solaires source JinkoSol	20
Figure 20: Courbes caractéristiques d'un module photovoltaïque en fonction de valeurs différentes de rayonnement.	21
Figure 21: Courbes caractéristiques d'un module photovoltaïque en fonction de valeurs différentes de température.	22
Figure 22: La connexion série et parallèle.	22
Figure 23: Batterie solaire source Victron Energy	22
Figure 24: Types de connexion des batteries.	23
Figure 25: Régulateur de CHARGE / DECHARGE.	24
Figure 26: Schéma de principe d'un onduleur monophasé	25
Figure 27: Inclinaison du panneau et angle d'orientation	29
Figure 28: Détermination de l'heure de pointe d'ensoleillement	31
Figure 29: Interface du logiciel PVsyst	35
Figure 30: Données météorologiques	36
Figure 31: Positionnement des systèmes de panneaux PV	36

Figure 32 : Estimation de la charge domestique	37
Figure 33 : La distribution horaire de la consommation d'énergie d'une charge.	38
Figure 34 : Les outils de prédimensionnement.	38
Figure 35 : Les outils de pré dimensionnement les batteries.	39
Figure 36 : Dimensionnement du générateur PV.	40
Figure 37 : Centre médical du groupe SOPREC	43
Figure 38 : Le site géographique de la clinique	44
Figure 39 :Les coordonnées géographiques du site.	48
Figure 40 : Les données météorologiques du site	48
Figure 41:Choix de l'orientation et de la pente de l'installation photovoltaïque.	49
Figure 42 : La consommation journalière.	49
Figure 43 : La répartition horaire de la consommation de jour.	50
Figure 44 : La sélection de batterie.	50
Figure 45 : La sélection du module photovoltaïque.	50
Figure 46 : La sélection de régulateur et le mode.	51
Figure 47 : La sélection du mode de liaison.	51
Figure 48 : Schéma simplifié du système.	51
Figure 49 : Le model PV IF-P285-60.	51
Figure 50 : Les Caractéristiques électriques (IF-P285-60) STC.	53
Figure 51 : Le dessin technique du model IF-P285-60.	53
Figure 52 : Le model OPzS500.	54
Figure 53 : Les caractéristiques électriques du model OPzS500	54
Figure 54 : Le model Victron 150/45- TR	55
Figure 55 : La fiche technique du model Victron 150/45- TR	55
Figure 56 : Le model Victron MultiPlus-II 48/3000.	56
Figure 57 : La fiche technique du model Victron MultiPlus-II 48/3000.	56
Figure 58 : Le model de câble rouge (+) 16mm ² .	57
Figure 59 : Le model de câble noir (-) 16mm ² .	57
Figure 60 : La fondation en béton (50 * 50 * 20).	58
Figure 61 : 9 modules installés avec une pente de 32 degrés.	58
Figure 62 : le raccordement des panneaux.	59
Figure 63 : Installation de la prise de terre dans le châssis.	59
Figure 64 : l'armoire de protection DC/AC.	59
Figure 65 : le branchement du régulateur de charge.	60

Figure 66 : Le raccordement des batteries (2*24).	60
Figure 67 : l'entrée à droite en DC et la sortie AC du convertisseur.	60
Figure 68 : Schéma de protection	61
Figure 69 : Le montage Régulateur–convertisseur-le système de protection.	61
Figure 70 : Les coordonnées géographiques du site.	64
Figure 71 : Les données météorologiques du site.	65
Figure 72 : Choix de l'orientation et de la pente de l'installation photovoltaïque.	65
Figure 73 : la Sélection de la surface.	66
Figure 74 : la sélection du module photovoltaïque.	66
Figure 75 : La sélection de l'onduleur.	66
Figure 76 : Le mode de connexion.	67
Figure 77 : Schéma simplifié du système.	67
Figure 78 : Le model PV JKM330M-60	68
Figure 79 : Le dessin technique de panneau.	68
Figure 80 : Les caractéristiques du panneau.	68
Figure 81 : Caractéristiques mécaniques du panneau.	69
Figure 82 : Le model Solex Power (X3.10.0.T).	69
Figure 83 : Les caractéristiques de l'onduleur.	70
Figure 84 : Résultat de l'installation PV (2 * 18).	70
Figure 85 : la centrale photovoltaïque finie (2 * 18).	71
Figure 86 : Le capteur de lumière.	71
Figure 87 : L'installation de la prise de terre dans le châssis.	71
Figure 88 : Les câbles sortant du central.	72
Figure 89 : La connexion avec l'onduleur.	72
Figure 90 : l'armoire de protection DC /AC	72
Figure 91 : couplage de l'onduleur et le smart mètre (le câble blanc RS485).	73
Figure 92 : Schéma de protection du système	73
Figure 93 : le montage final du système.	74
Figure 94 : La Pocket wifi Solax pour la transmission de données.	75
Figure 95 : lecteur de données.	75
Figure 96 : L'évolution du rayonnement solaire (KWh/m ²) en fonction du temps au cours des trois phases de la journée .	76
Figure 97 : L'évolution de la production solaire (On-grid) en fonction du temps au cours des trois phases de la journée (en KW).	76

Figure 98: L'évolution de la production solaire (Off-grid) en fonction du temps au cours des trois phases de la journée (en KW).	77
Figure 99 : Production estimée pour le système PV Off-grid (PV fixe).	77
Figure 100 : Performance de la batterie du système PV hors-réseau (PV fixe).	78
Figure 101 : La production énergétique mensuelle du système (PV GIS).	78
Figure 102 : Ligne d'horizon du système (PV GIS)	78

Liste des Equations

Équation1	28
Équation2	28
Équation3	30
Équation4	30
Équation5	31
Équation6	31
Équation7	32
Équation8	32
Équation9	32
Équation10	33
Équation11	33
Équation12	33
Équation13	34
Équation14	79
Équation15	80
Équation16	80

Liste des abréviations

PV : Photovoltaïque.

DC : Courant Alternatif.

AC : courant Alternatif.

CDER : Centre de Recherche dans le domaine des Energies Renouvelables en Algérie.

ER : Energie Renouvelable

ONU : L'Organisation des Nations unies

BB : Busbar

Introduction Générale

Dans le domaine de l'énergie, le monde connaît des pressions énormes et croissantes qui n'ont jamais été vues auparavant, en raison de la forte demande d'énergie pour les besoins de la population, qui à son tour ne cesse d'augmenter, ainsi que des besoins industriels croissants. Malgré cela, les nations dépendent toujours principalement des combustibles fossiles pour produire de l'électricité, ce qui entraîne de fortes concentrations de gaz à effet de serre, provoquant des perturbations climatiques. Selon un rapport publié par l'ONU, l'organisation s'est fixé un objectif, qui est d'éliminer les émissions de carbone de l'activité humaine d'ici 2050. À cet égard, toutes les nations se sont engagées à élaborer des plans pour évoluer vers des sources d'énergie alternatives qui sont des sources proches de l'idéal. [1].

Le développement des énergies vertes nécessite une ouverture du marché de l'électricité et une prise de sensibilisation à l'environnement, car le secteur connaît un développement rapide dans le monde entier, et son inclusion dans le système énergétique est un défi pour les nations.

Avec un grand potentiel, qui n'a pas été pleinement exploité, l'énergie solaire est une source importante sur le plan économique et environnemental. Cependant, son rendement intermittent diminue son efficacité énergétique lorsqu'elle est utilisée seule. Néanmoins, le système de stockage est considéré comme une solution à ces systèmes pour assurer l'efficacité et la fiabilité. Par conséquent, le système de gestion de l'énergie doit être revu et des changements dans la gestion du réseau.

Dans ce contexte, ce travail porte sur l'étude et le dimensionnement des deux principaux systèmes d'énergie solaire, qui sont : le système indépendant du réseau (Off-grid) avec un système de stockage et le système connecté au réseau (On-grid) pour alimenter une branche administrative du groupe SOPREC située à la ville de Chleff, à l'ouest d'Alger.

La présentation de ce travail est scindée en quatre chapitres :

- Premier chapitre : Analyser la situation énergétique au monde, notamment en Algérie. Par conséquent, nous discuterons de la situation de la production d'énergie électrique à partir de sources d'énergie renouvelables.
- Deuxième chapitre : Il est dédié la présentation des systèmes photovoltaïques solaires à la pointe de la technologie pour les systèmes actuellement intégrés dans la pratique.
- Troisième chapitre : il présente les méthodes de dimensionnement d'un système photovoltaïque. Chaque méthode est expliquée en détail afin d'exprimer les points forts de chacune d'entre elles.
- Quatrième chapitre : Il est dédié à l'étude du cas et à la réalisation des systèmes l'Off-grid et l'On-grid.

Chapitre I

Production et

potentiel de l'énergie

Algérie

Introduction

Les problèmes climatiques tels que l'effet de serre et les émissions de gaz carbonique nécessitent le développement de nouvelles sources d'énergie respectueuses à l'environnement. La meilleure option est de passer aux énergies renouvelables pour réduire le réchauffement climatique et éliminer la pollution environnementale. Cela conduit à une conscience globale des problèmes liés à l'énergie. Les sources d'énergie renouvelables sont respectueuses de l'environnement et facilement disponibles. Dans le même contexte, nous avons un déclin des ressources énergétiques fossiles face à l'augmentation significative des besoins énergétiques, le problème d'approvisionnement,

Les énergies renouvelables peuvent être utilisées pour exploiter des zones isolées et éviter de créer des lignes d'interconnexion [2]. Ce sont les raisons pour lesquelles la plupart des pays accordent la priorité aux ER dans leur plan énergétique.

Le Secteur énergétique en Algérie

L'énergie électrique est un élément indispensable à l'évolution et au développement du secteur industriel pour assurer la production économique et améliorer le cadre de vie. Pour ce faire, elle doit être produite, transportée et distribuée en permanence. La croissance rapide de la population attendue au cours des prochaines années entraînera une augmentation de la demande d'électricité. Le grand public doit s'orienter vers l'utilisation de l'énergie verte dans la production d'énergie électrique.

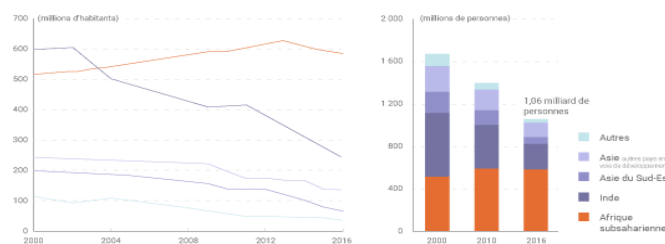


Figure 1: Population sans accès à l'électricité, par région ou pays (2000-2016) [3].

Le secteur de l'électricité en Algérie occupe une position économique importante dans le pays. Les hydrocarbures constituent à eux seuls 60% des recettes budgétaires et 98% de l'exportation. En 2015, l'Algérie se classait au 18e rang pour la production de pétrole, au 10e pour la production de gaz naturel et au 6e pour l'exportation de gaz naturel à l'échelle mondiale.

Le gouvernement Algérien a commencé depuis quelque temps à réfléchir à l'exploitation des énergies renouvelables comme solutions environnementales et économiques.

En effet ; le pays a lancé un programme à long terme pour améliorer l'efficacité énergétique dans les énergies renouvelables, appelé 'Green Energy Dynamics'. Cette vision repose sur une stratégie qui mise sur le développement des ressources inépuisables telles que le photovoltaïque, L'éolienne et ses usages pour multiplier les sources d'énergie. D'ici 2030, le programme consiste à introduire de l'électricité à partir de sources d'ER d'environ 22 000 MW pour le marché intérieur. Tout en maintenant l'objectif stratégique d'exportation. D'ici 2030, le programme d'EE vise à économiser l'énergie d'autour de $6,3 \times 10^9$ Kg d'Equivalent Pétrole. Ce programme réduira les émissions de carbone de $1,93 \times 10^9$ Kg [4].

Toutes les énergies étaient vertes avant la révolution industrielle, Actuellement, Les combustibles fossiles répondent mieux aux besoins de l'industrie et coûtent très peu, ce qui a entraîné une croissance économique rapide et l'accumulation de richesses pour certains pays. Ce sont des énergies non renouvelables, et elles ont été utilisées sans contraintes pour des capacités de production dévastatrices mais sont très rentables

Plus de 99 % de la production et de la consommation de l'énergie, y compris le secteur de l'électricité, proviennent des hydrocarbures, Cela entraîne un grave gaspillage environnemental en raison des quantités de carbone responsables de l'émission de gaz à effet de serre.

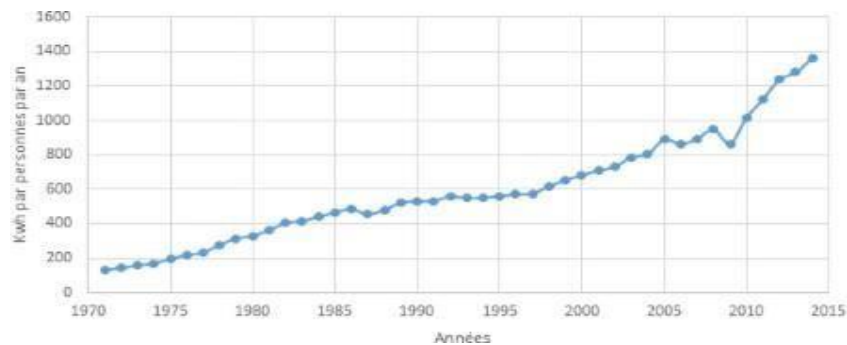


Figure 2: Consommation kWh par habitant en Algérie [5].

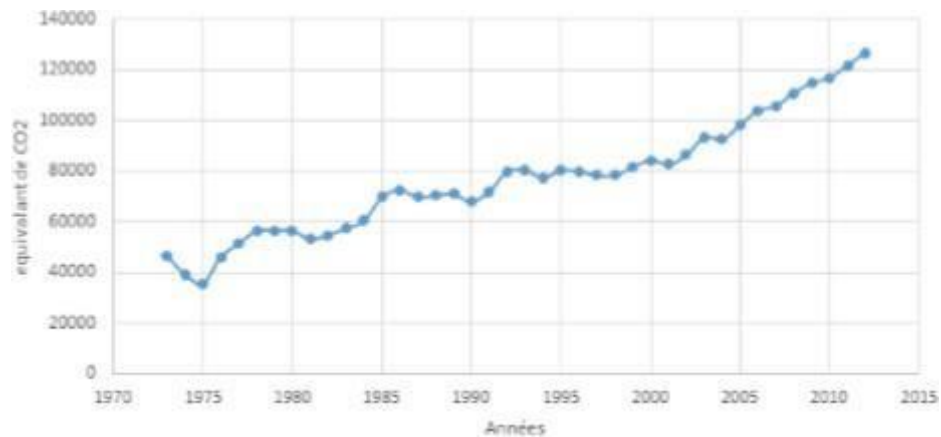


Figure 3 : Emission des gaz à effet de serre en Algérie [5].

La symétrie entre les deux impacts conforte nos conclusions antérieures sur les sources d'émissions de gaz à effet de serre, L'utilisation massive d'énergies fossiles dans les centrales qui fonctionnent sur ce principe, Cela entraînera des émissions importantes de CO₂ pendant les périodes de pointe de consommation. Ainsi, la surexploitation des ressources traditionnelles entraîne un grave problème environnemental.

La consommation énergétique en Algérie

L'énergie électrique a pris une place prépondérante dans les étapes de développement. Comme le prix de l'électricité étant très bas en Algérie, il est considéré comme l'un des plus bas du monde, estimé à 4,17 DA pour le kilowattheure. Ceci explique la forte consommation interne Depuis les années soixante, la consommation d'électricité par habitant en Algérie a considérablement augmenté, et cela est dû à l'indépendance et à l'augmentation de la population qui l'accompagne, en plus des progrès de la technologie depuis les années soixante-dix.

Tableau 1: Consommation de l'énergie en Algérie par habitant [6].

Énergies/année	1962	1970	1980	1990	2000	2010	2018
Énergie totale (TEP/h)	-	0,37	0,74	0,97	0,99	1,2	1,5
Gaz naturel (KW/h)	4,9	21,7	84,8	117,3	134,4	233	351,7
Carburant(T/h)	-	0,14	0,28	0,32	0,26	0,39	0,62
GPL(T/h)	-	0,01	0,04	0,05	0,5	0,05	0,05

La subvention du gouvernement à la tarification de l'énergie électrique et du gaz a entraîné une perte financière importante pour le trésor public de l'État, en raison de la consommation excessive qui l'accompagnait.

Le prix du kilowattheure sans subvention de l'Etat est à hauteur de 12 DA. Le soutien du gouvernement à l'électricité publique est le premier et le plus important obstacle aux projets ER.

Le prix de l'électricité publique après la subvention ne peut pas être concurrencé par le prix d'installation des énergies renouvelables, de sorte qu'il n'y a pas de possibilité pour la concurrence d'établir d'autres sources de production d'électricité.

Ce qui confirme ce qui a été mentionné précédemment est la déclaration du ministre de l'Énergie à Alger le 14/00/2020, où il a déclaré que le soutien du gouvernement à l'électricité et au gaz a coûté au Trésor public environ 18 milliards de DA en 2019 [7].

L'énergie solaire en Algérie

Diverses études menées à ce jour sur le potentiel de l'énergie solaire en Algérie montrent l'important potentiel d'utilisation de cette d'énergie. Avec 2 381 742 kilo mètre carré de surface, la République reçoit l'équivalent de 300 milliards de Tonnes d'équivalent pétrole par an en énergie solaire. En termes d'insolation, l'énergie journalière reçue sur un mètre carré est de cinq KWh dans presque tous les territoires nationaux ; la durée d'insolation dépasse 2000 h/an et peut atteindre 3900 h/an dans les hautes terres et le Sahara.

Connaissant l'intérêt croissant de l'énergie solaire et ses enjeux. L'Algérie s'est dotée d'un cadre juridique favorisant ce développement énergétique et a intégré son développement dans sa politique énergétique en envisageant un grand projet mixte de centrales diesel et avec deux grands programmes électriques et de Planification pour la mise en place d'une unité de fabrication de modules PV en est un bon exemple [8].

Les réalisations des projets en Algérie, dominés par le photovoltaïque ne dépassant pas 370 MW d'après la Ministère de l'énergie en 2018. Cependant, Cette fonctionnalité installée a résolu certains problèmes pour l'environnement et social économiques qui obstruent la République, ce qui Demande plus de volonté Pour régler ses mécanismes et atteindre les résultats escomptés [9].

Potentiel solaire de l'Algérie

L'Algérie possède l'un des plus importants champs solaires au monde à cause de sa position géographique et en particulier dans la région MENA (Moyen-Orient et Afrique du Nord) (**figure 4**).

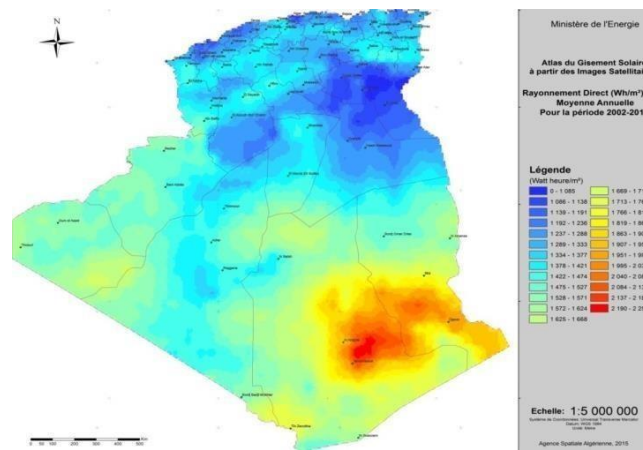


Figure 4: Potentiel solaire en Algérie

La quasi-totalité du pays bénéficie de plus de 2000 heures d'ensoleillement par an, atteignant 3900 heures (hauts plateaux, plateaux, Sahara). Sur un plan horizontal de 1 m², l'énergie absorbée par jour est d'environ 5 kWh dans la plupart des zones. Soit près de 1700kWh/m²/an au nord du pays et 2263kWh/m²/an dans la partie sud. Le **Tableau 2** résume le potentiel solaire de l'Algérie.

Tableau 2: Potentiel solaire en Algérie dans différentes régions [7].

Régions	Surface (%)	Durée moyenne d'ensoleillement (heur/an)	Énergie moyenne reçue (kWh/m2/an)
Régions côtières	4	2650	1700
Hauts plateaux	10	3000	3500
Sahara	87	3500	2650

A travers le tableau ci-dessus, On peut voir que le principal potentiel solaire couvre 86% du territoire, est situé dans le sud du pays. Des études antérieures, du physicien allemand Gerhard Knies, ont déjà confirmé que le désert a une très grande capacité d'absorption d'énergie, et que 6h de soleil dans le grand désert algérien permettraient de stocker de l'électricité pour toute l'humanité pendant une année [9].

Programme de développement des énergies renouvelables en Algérie

L'Algérie entend prendre une position comme un producteur principal dans l'électricité d'origine photovoltaïque et éolienne, la géothermie et le solaire thermique. Ces sources d'énergie seront des sources d'amélioration économique durable. Capable de stimuler une nouvelle

maquette de croissance économique. 37% de la capacité installée en 2030 et 27% de la production d'électricité pour la consommation nationale seront d'origine renouvelable [9].

Le potentiel d'énergie renouvelable de ce pays est dominé par l'énergie solaire. Cette énergie est perçue comme une opportunité et un moyen d'amélioration éco-social, notamment à travers le développement industriel. Cela n'empêche pas le démarrage de certains projets de construction de centrales éoliennes et la mise en place de projets pilote de biomasse et de géothermie. Le projet de production d'énergie à partir de l'énergie renouvelable pour le marché intérieur est réalisé en deux parties [10]. La première phase entre 2015 et 2020 ; qui consiste à mettre en exécution entre le solaire et l'éolien une capacité de 4010 MW, et 515 MW entre la biomasse, la cogénération et la géothermie. Dans la deuxième période du 2021 à 2030 ; on aura le développement des liaisons électriques entre le Nord et le Sahara (à Adrar) qui permettra l'installation des centrales d'énergies renouvelables à grande échelle. À ce stade, le solaire thermique peut être économiquement réalisable.

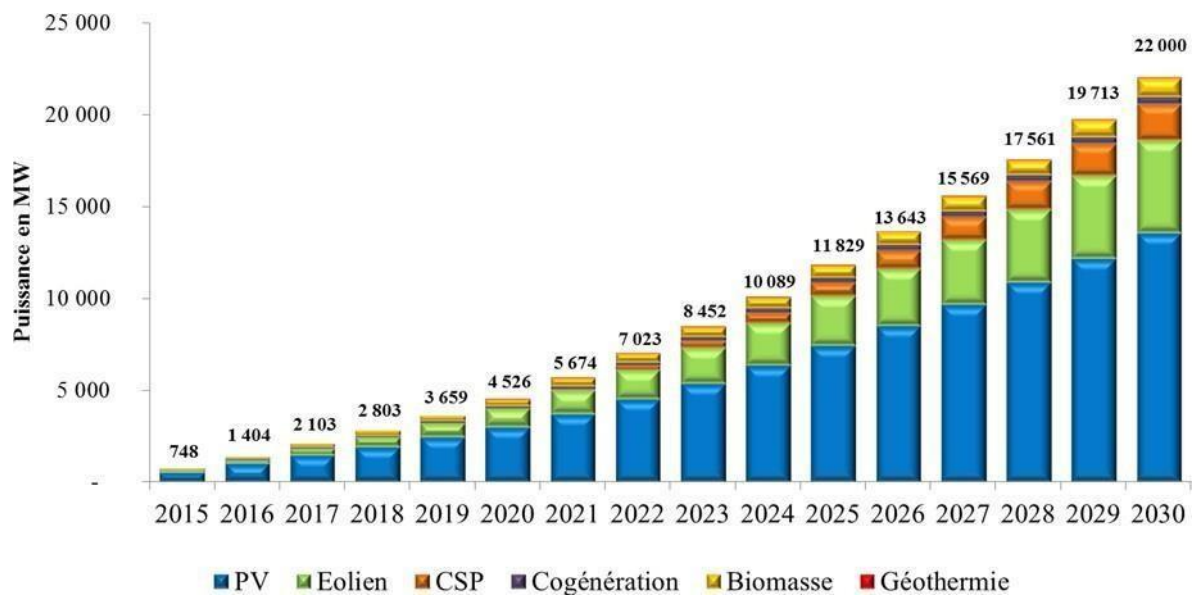


Figure 5: Développement des énergies renouvelables en Algérie [10].

Capacité de production d'énergie renouvelable dans le monde

Une capacité de 200 GW de nouvelles puissances de production d'électricité renouvelable ont été installées en 2019. Les installations ont largement dépassé les niveaux de 2018. Ainsi ; actuellement le taux de croissance moyen est de 8 % de la capacité de production d'électricité renouvelable installée au cours des cinq années précédentes. Environ 115GW de solaire photovoltaïque ont été ajoutés dans le monde en 2019 (**figure 6**).

Cette technologie a consolidé sa position de leader dans les nouvelles capacités de production d'énergie.

Au cours de l'année, 57 % des ajouts de capacité de production d'énergie renouvelable ont été solaires, suivis par l'éolien (30 %) et de l'hydraulique (8 %). Les 5 % restants des ajouts sont d'origines de la bioénergie, la géothermie et l'énergie solaire thermique à concentration. Pour la cinquième année consécutive, les ajouts nets de capacité de production d'énergie renouvelable ont nettement dépassé les installations nettes de puissance de production d'énergie à l'aide de combustibles fossiles et d'énergie nucléaire combinés.

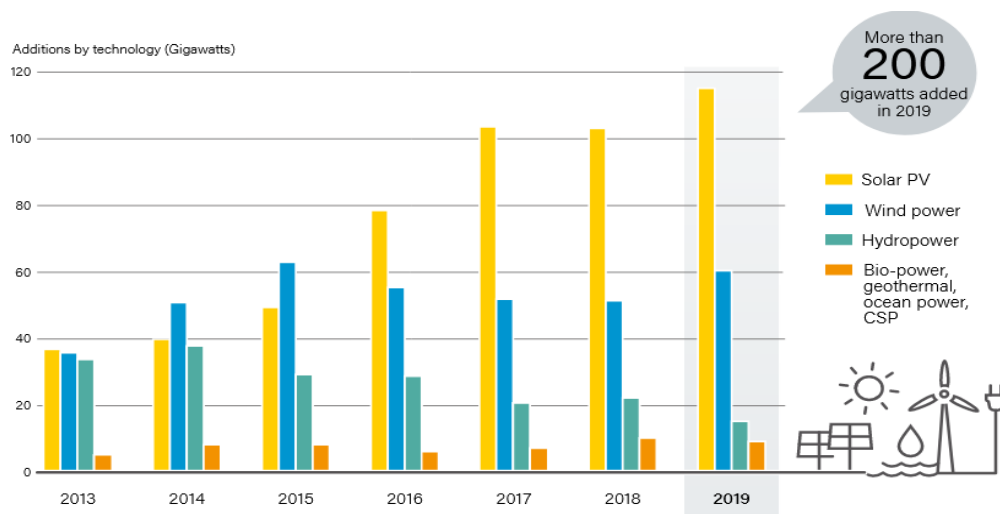


Figure 6: Ajouts annuels de capacité d'énergie renouvelable 2013-2019 [9].

La puissance installée d'énergie renouvelable était suffisante pour assurer une part estimée à 27,3 % de la production mondiale d'électricité à la fin de 2019. L'hydroélectricité représente toujours la majeure partie (58%) de la part de production estimée, suivie par l'énergie éolienne (22 %), l'énergie solaire photovoltaïque (10 %) et la bioénergie (8 %). L'utilisation de cette énergie croît rapidement dans de nombreux pays et régions. Durant la dernière décennie, l'UE a connu une forte croissance dans la production d'électricité à partir des énergies renouvelables, passant de 19 % en 2009 à environ 35 % en 2019 [9].

Les marchés du photovoltaïque dans le monde :

L'option de produire de l'électricité grâce à des cellules photovoltaïques est devenue la plus recherchée dans un nombre important d'installations résidentielles, commerciales et même industrielles, sans tenir compte du coût des combustibles fossiles. Dans quelques projets, cela devient également le cas pour le solaire plus stockage supplémentaire. L'année 2019, On estime

que 18 pays ont ajouté au moins 1 GW de capacité nouvelle, contre 11 pays en 2018, et tous les continents ont largement contribué à la croissance mondiale.

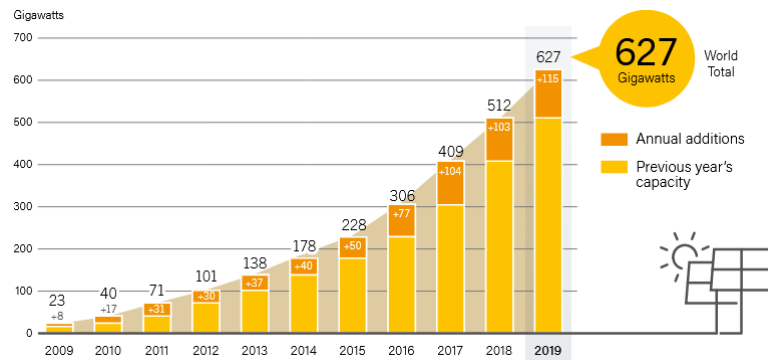


Figure 7: Capacité mondiale solaire PV et ajouts annuels 2009-2019

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons identifié le programme du développement des énergies renouvelables en Algérie. Le pays dispose d'un grand potentiel dans le domaine de l'énergie solaire, qui peut être considéré comme une opportunité et un moteur de développement économique et social, notamment à travers la création d'industries créatrices de richesses et d'emplois. Par rapport au reste du pays, la région désertique a le potentiel d'énergie renouvelable le plus élevé.

Chapitre II

**Les différentes installations
photovoltaïques**

Introduction

Le photovoltaïque représente une partie importante des énergies vertes qui produisent de l'électricité en raison de la simplicité de son fonctionnement ainsi que de son impact près de l'idéal sur l'environnement. Sans action mécanique et sans aucune influence sonore ou environnementale, les cellules produisent de l'électricité en recevant la lumière du soleil et en la convertissant en courant. La capacité des cellules PV en chiffres : telle qu'une superficie de 71 mille kilomètres carrés de cellules en silicium, après l'installation dans le Sahel africain, pourra alors couvrir le besoin mondial en électricité

En raison de l'abondance d'unités photovoltaïques et de leurs faibles coûts, ainsi que de la capacité à répondre aux besoins d'électricité rurale, depuis 2004, un grand nombre d'installations et de centrales électriques différentes ont été implantées en Algérie, où la plus grande partie d'entre elles se trouvait en le désert du sud Et après 18 ans d'exploitation électrique, les installations fonctionnent toujours.

Actuellement. Les systèmes photovoltaïques ont atteint un niveau de technologie qui les met en concurrence avec les générateurs et même le réseau de distribution.

Les différents systèmes photovoltaïques et leurs applications :

Les systèmes photovoltaïques peuvent être divisés en deux types, les systèmes connectés au réseau public et les systèmes autonomes. Pour les deux types ; il existe le système hors réseau avec stockage et un système connecté au réseau public (sans stockage).

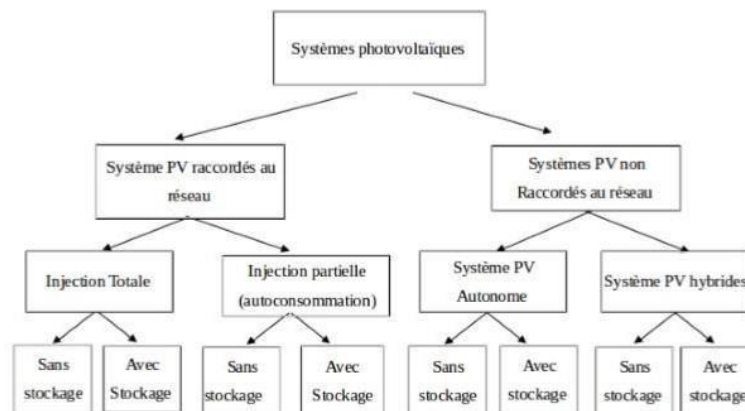


Figure 8: les différents systèmes photovoltaïques

Systèmes photovoltaïque raccordés au réseau :

Les systèmes connectés au réseau sont simplement des dispositifs interconnectés pour produire de l'électricité d'origine PV, qui est ensuite combinée à l'électricité du réseau [11]. Dans ce type d'installation, deux structures peuvent être distinguées, selon que l'énergie produite à partir de la centrale est consommée sur place ou injectée dans le réseau public.

Systèmes PV raccordés au connectée avec injection Totale :

A- Injection totale sans stockage :

La figure 9 montre le fonctionnement du système photovoltaïque à injection totale sans stockage. En effet, le panneau convertit le rayonnement solaire en CC, qui passe par l'onduleur, qui à son tour le convertit en CA, avec la fréquence du réseau. En revanche ; dans le cas d'une panne due à une inadéquation de fréquence ou de tension, l'onduleur cesse de fonctionner [12].

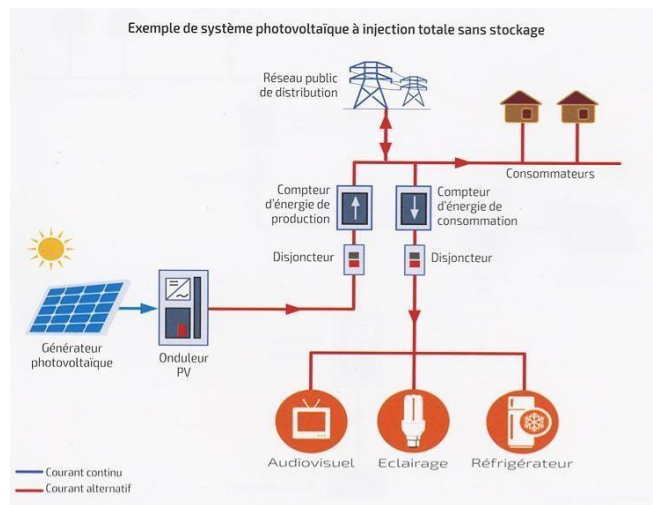


Figure 9: Exemple de système photovoltaïque à injection totale sans stockage

B- Injection totale avec stockage :

Le système fonctionne sur le même principe que le système précédent, où l'énergie est versée dans le réseau public, mais la différence est que le système stocke une partie de l'énergie produite grâce à des batteries spéciales qui reçoivent le courant d'un régulateur de charge. La raison principale du stockage est de faire face aux pics de demande sur le réseau pendant les jours de la semaine [12].

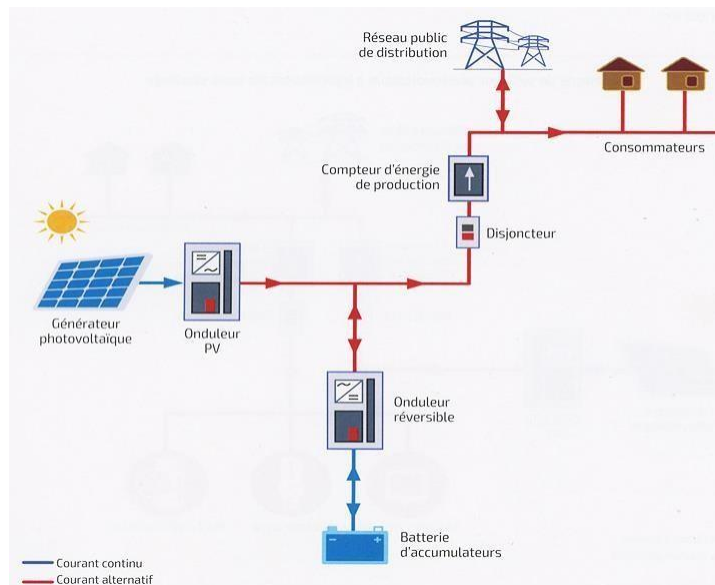


Figure 10: Exemple de système photovoltaïque à injection totale avec stockage

1. Systèmes PV connectés au réseau avec autoconsommation

Pour l'autoconsommation, il existe deux configurations :

A- Autoconsommation sans stockage :

Ce système répond aux besoins internes en énergie électrique. En effet ; la production excédentaire des panneaux photovoltaïques est déversée dans le réseau comme le montre la figure 11. Dans la même approche, l'onduleur s'arrête lorsqu'il y a un dysfonctionnement technique [12].

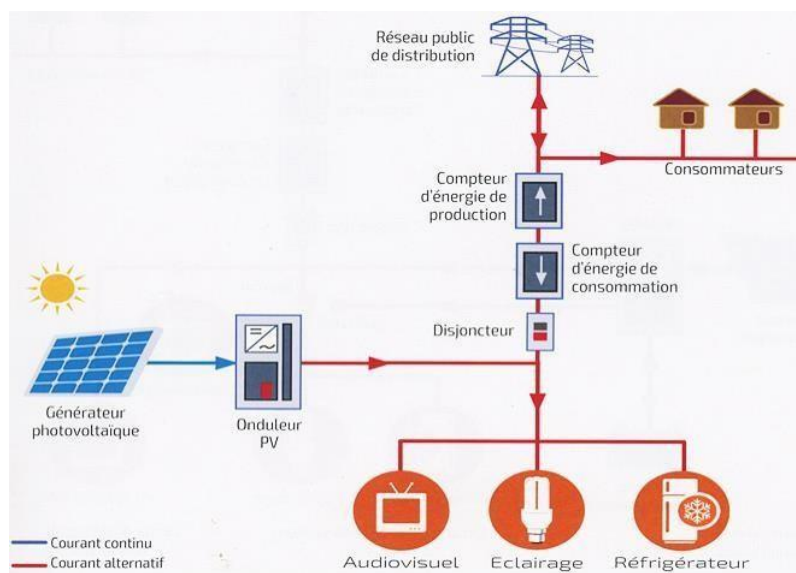


Figure 11: Système photovoltaïque a injection partielle sans stockage

B- Autoconsommation avec stockage :

L'avantage supplémentaire par rapport au système précédent est que l'électricité produite en présence du soleil est stockée en abondance dans des batteries pour être consommée ultérieurement pour quelques heures en absence de la source. Il faut dire que le système de stockage est coûteux et nécessite un entretien permanent ; [12]. Ainsi, il n'est pas possible d'être complètement indépendant de la consommation du réseau.

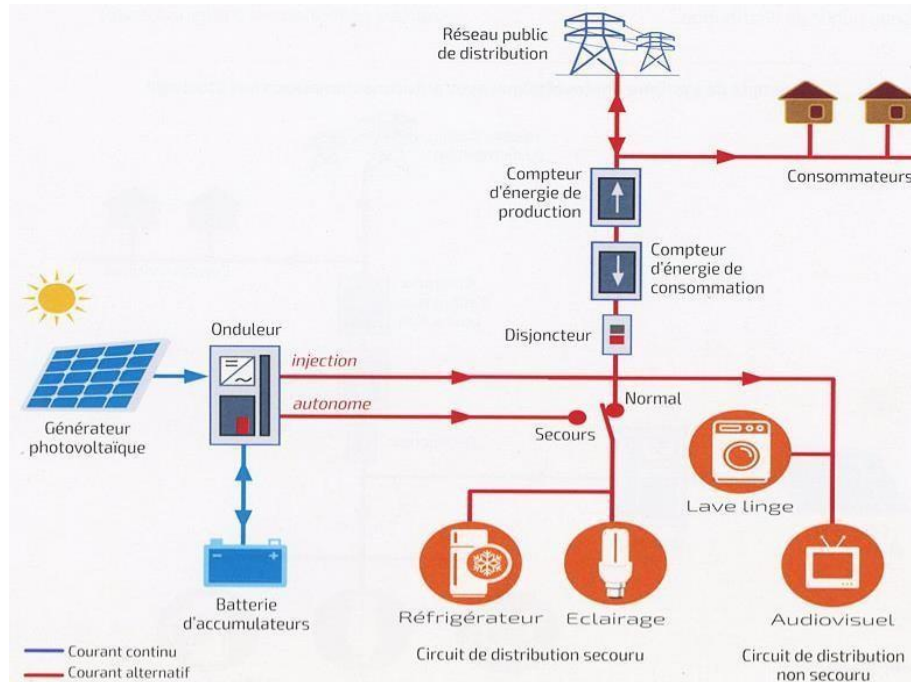


Figure 12: Exemple de système photovoltaïque à injection partielle avec stockage

Les systèmes connectés au réseau ont été installés dans divers domaines ; notamment dans les installations résidentielles et industrielles et agricoles. En revanche ; les installations de grandes puissances sont connectées aux réseaux de distribution de haute tension [11]. Les avantages de ce type d'installations sont :

- Booster de la capacité électrique du pays.
- Soutenir la production d'électricité tout en préservant l'environnement.
- Utilisation facile et moins de dégâts.
- Facilité de la maintenance.
- Par contre ; elles présentent certains inconvénients ; telle que :
 - Le besoin d'une source constante pour l'intégration harmonieuse des deux sources.
 - Problème de stockage et de transport.
 - Dépend des conditions météorologiques, ce qui provoque parfois des interruptions de la production.

Systèmes PV hybrides

- Les systèmes hybrides sont divisés en deux types, selon qu'ils contiennent ou non un système pour le stockage :
 - Systèmes solaires contenant un système de stockage hybride avec une autre source renouvelable (éolien,...).
 - Systèmes solaires combinés à des sources renouvelables sans stocker leur énergie produite.

A- Systèmes PV hybrides avec stockage :

En présence du soleil, les panneaux solaires produisent un courant qui est reçu par le régulateur de charge, qui à son tour le traite et remplit les batteries. Ensuite, la conversion du courant continu en courant alternatif est effectuée par des onduleurs, tous ces processus sont effectués afin d'alimenter les récepteurs.

En cas de manque d'ensoleillement, d'épuisement de la batterie ou d'augmentation importante de la consommation, le système solaire ne peut pas le supporter. Le deuxième système, qui est souvent un groupe d'hydrogène, compense le manque d'énergie et recharge les batteries pour assurer le fonctionnement continu des équipements à alimenter [12] [14].

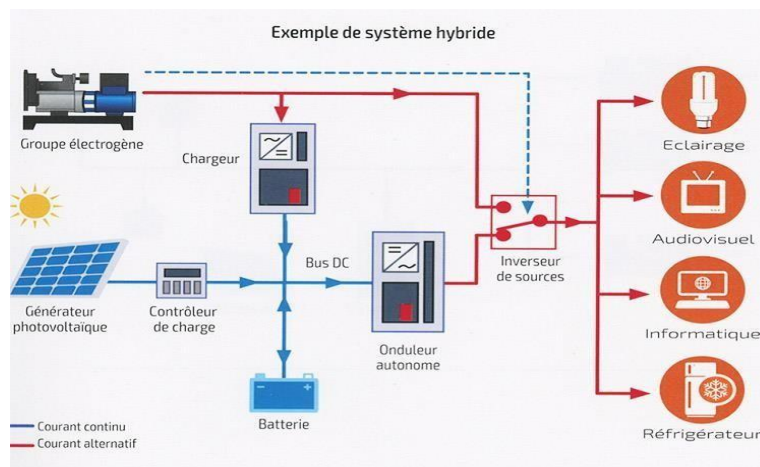


Figure 13: Exemple de système hybride avec stockage

B- Systèmes PV hybrides sans stockage :

Les générateurs fonctionnent tout le temps, mais leur principe de fonctionnement est le combustible, qui affecte le climat, donc des panneaux solaires sont ajoutés comme deuxième source pour surmonter cela, bien que cela dépende des conditions météorologiques [12] [14].

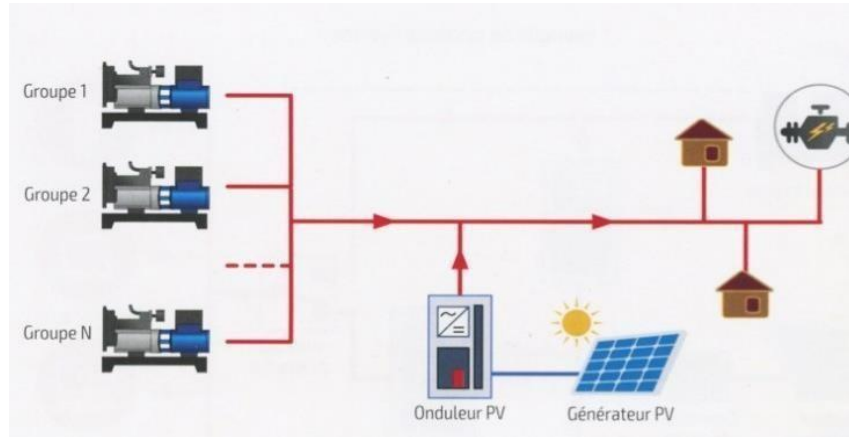


Figure 14: Système hybride sans stockage

Le système hybride associé à un système de stockage est largement utilisé dans les zones reculées et les casernes militaires isolées.

Aux systèmes hybrides de grande capacité (en mégawatt) non équipés de système de stockage, ils sont majoritairement utilisés pour alimenter les villages ruraux et les grandes industries isolées.

a. Le rayonnement solaire

Le soleil a une forme sphérique de plasma rougeoyant avec une température d'environ 5800°K, où la distance entre lui et la Terre est d'environ 150 000 000 km. Là où la Terre tourne autour d'elle, formant une section ovale de faible excentricité. La terre tourne sur elle-même, ce qui fait un jour, qui est de vingt-quatre heures. La mesure d'éclairement perpendiculaire au soleil donne de 1300 à 1450 watts par mètre carré durant l'année.

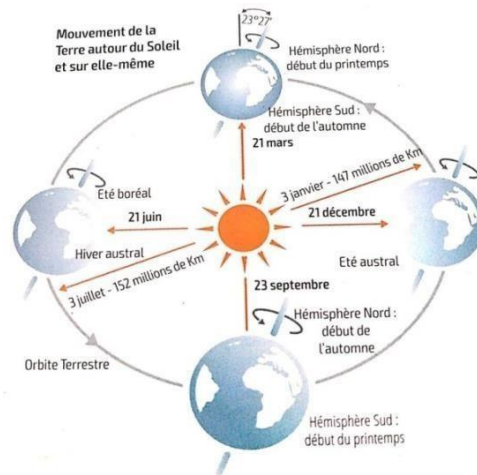


Figure 15: Mouvement de la terre autour du soleil et sur elle –même

Le Spectre solaire :

L'énergie qui suit le rayonnement solaire est grossièrement divisée comme suit :

- 9 % pour la bande UV
- 47 % pour le visible
- 44 % pour la bande IR

A la surface de la Terre, le spectre solaire change en termes d'intensité ainsi que dans la répartition de l'énergie, et cela est dû à sa pénétration dans l'atmosphère, ce qui provoque des pertes.

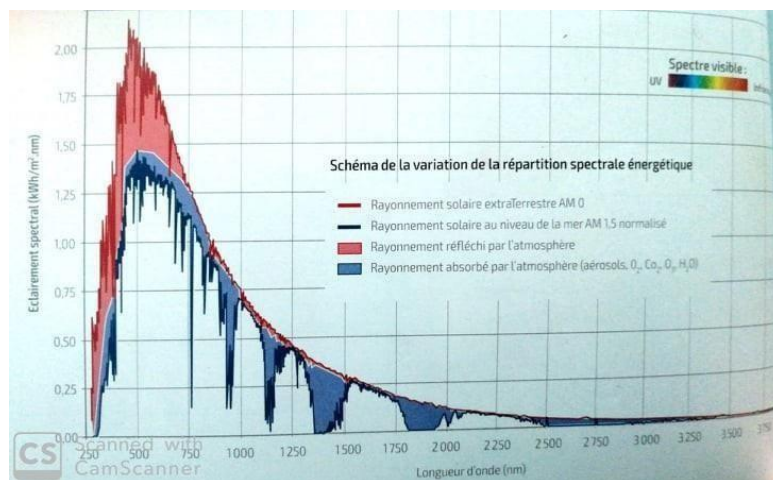


Figure 16: Schéma de la variation de la répartition spectrale énergétique

La notion de masse d'air : le rayonnement solaire traverse l'atmosphère, où l'épaisseur de cette enveloppe est déterminée en fonction de l'endroit précis où se trouve le soleil

Le nombre d'air masse est donner par la relation suivante :

$$AM = \frac{1}{\sin(H_s)}$$

Si le soleil est perpendiculaire à la surface ($\sin(90^\circ)=1$) donc $AM=1$. Cela indique que le soleil est situé à l'équateur (à 12h). Dans les systèmes solaires, $AM=1.5$ est une valeur standard, ce qui donne un angle $h_s=41.8^\circ$ STC (Standard test condition) :

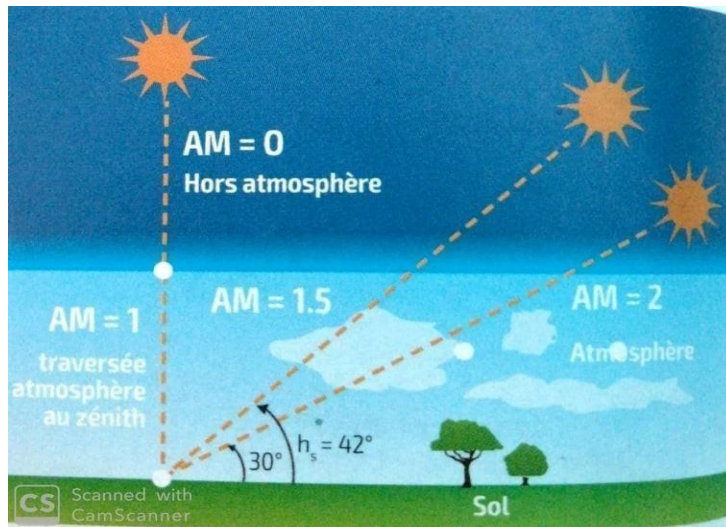


Figure 17: La position relative du Soleil

Les composantes du rayonnement solaire :

Au niveau du sol, le rayonnement global ou l'éclairement global (G) reçu par une surface plane d'inclinaison quelconque est constitué de trois composantes principales [15] :

- Irradiation S
- Irradiation D
- Irradiation R
- Irradiation GLOBAL

C'est le rayonnement total reçu par une surface sur la terre, c'est-à-dire la somme des rayons mentionnés précédemment dans une zone spécifique. Il change en fonction de l'emplacement géographique et la période saisonnière. Il est mesuré avec un pyranomètre.

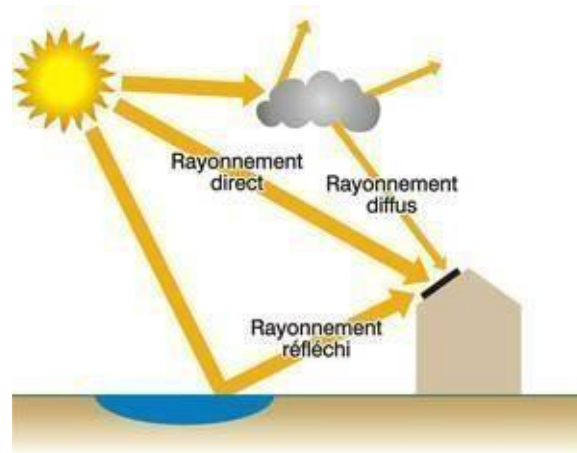


Figure 18 : Les composantes du rayonnement solaire

2.3.4 Conversion PV :

Les cellules solaires sont des composants électroniques qui absorbent la lumière qui convertissent le rayonnement solaire directement en un courant électrique continu. Elles sont faites de matériau semi-conducteur [16].

Les composants principaux du système PV:

Le générateur PV :



Figure 19: Panneaux solaires source JinkoSol

Le silicium cristallin est souvent utilisé dans la plupart des systèmes photovoltaïques, Parmi les caractéristiques de base des cellules cristallines figurent la tension utile inférieure à

0,6 volt et leur épaisseur fragile, estimée à 0,02 centimètre qui nécessitent d'être assemblées en groupes en séries [17]. Les caractéristiques du module PV sont présentes comme suit :

- **I_{cc}** : est le courant maximum que le module peut fournir. qui se produit lorsque les électrodes sont connectées directement.
- **V_{co}** : est l'effort maximal que l'unité peut fournir. Il se produit lorsque les électrodes sont libres et non connectées
- **P_{max}** : est la valeur à laquelle la puissance est maximale, c'est-à-dire lorsque le résultat de la multiplication du courant et de la tension issue du tableau électrique est à sa valeur maximale.

La courbe montre la valeur du courant obtenu à partir du panneau selon sa tension. **La figure 20** et **la figure 21** montrent l'effet de la chaleur et de l'irradiation solaire sur les caractéristiques des PV.

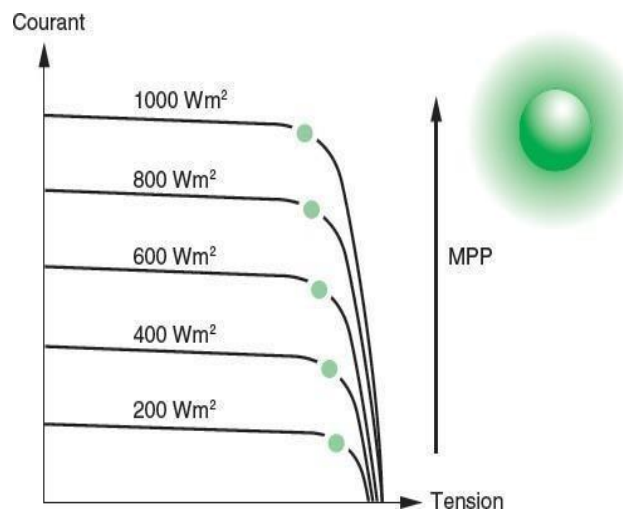


Figure 20: Courbes caractéristiques d'un module photovoltaïque en fonction de valeurs différentes de rayonnement.

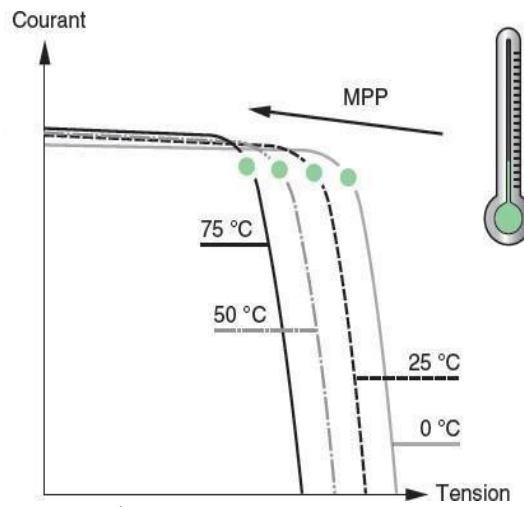


Figure 21: Courbes caractéristiques d’un module photovoltaïque en fonction de valeurs différentes de température.

Dans l'installation des panneaux, il doit y avoir une cohérence ; une égalité dans l'interconnexion et la symétrie dans les paramètres. En effet ; l'installation en série dépend de l'augmentation de la tension et la connexion en parallèle consiste à augmenter le courant.

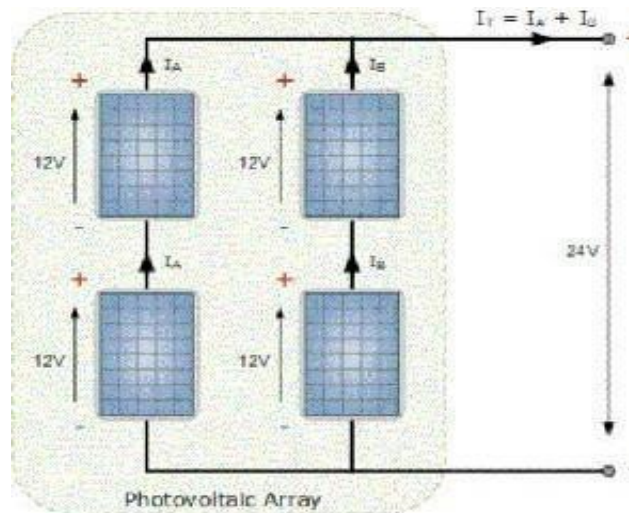


Figure 22: La connexion série et parallèle.

Les batteries



Figure 23: Batterie solaire source Victron Energy [19].

Le rôle principal des batteries dans les systèmes solaires est de stocker l'énergie produite à partir de panneaux inutilisés pour un besoin donné. Dans les systèmes solaires, les batteries au plomb, Nickel-cadmium, lithium sont largement utilisées [19]. Le système de stockage constitue un groupe d'éléments interconnectés, avec des pôles positifs et négatifs, avec une différence de potentiel d'environ 2 v entre eux. Le plus souvent on trouve sur le marché des batteries avec du 12v et du 24v au 48v. La batterie répète de façon cyclique un processus d'accumulation d'énergie (charge) et fourniture d'énergie (décharge) en fonction de la présence ou de l'absence du soleil. Dans ce fonctionnement normal de la batterie on peut trouver deux pôles [9] :

- Surcharge : La batterie atteint sa pleine capacité de charge. Si elle continue à recevoir de l'énergie, l'eau de la dissolution commence à se décomposer, en produisant de l'oxygène et de l'hydrogène (processus de gazéification).
- Sur décharge : Il existe aussi une limite pour le processus de décharge, après lequel la batterie se détériore notamment.

Paramètres de la batterie :

- Tension nominale : Elle est généralement de 12 volts.
- Capacité nominale : Elle est la quantité maximale d'énergie qui peut être retirée de la batterie. Elle s'indique en ampères heure (Ah) et se caractérise comme suit :

- Profondeur maximale de décharge : Elle est la valeur (indiquée en pourcentage) extraite d'une batterie totalement chargée dans une décharge. La profondeur est limitée par les régulateurs, qui sont habituellement calibrés pour qu'ils puissent permettre des profondeurs de décharge de la batterie d'environ 70 %.
- Capacité utile ou disponible : Elle est la capacité qui peut être véritablement utilisée. Elle est égale au produit de la capacité nominale et de la profondeur maximale de décharge celle-ci divisée par un (Approximativement on prend la valeur 1 par simplification).

La **figure 24** montre les types de connexions des batteries.

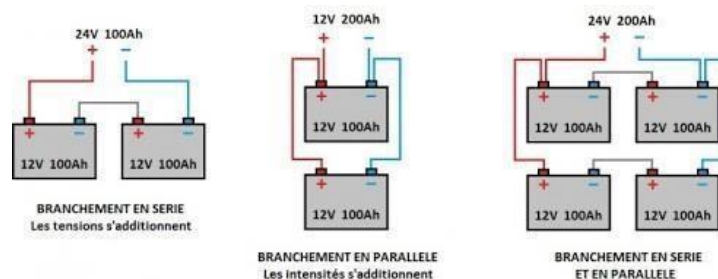


Figure 24: Types de connexion des batteries.

Les régulateurs de charge

Le rôle principal des régulateurs est de stabiliser les charges instables et d'éviter les décharges brusques [20] afin que la batterie ne puisse pas supporter des charges excessives ou des décharges importantes [18].



Figure 25: Régulateur de CHARGE /

DECHARGE. Il existe deux types de régulateur :

- Type en série : Il régule la surcharge et le déchargement. Sa commutation peut être électromécanique ou fixe.
- Type en parallèle : Il est utilisé dans des installations de petite taille [20].

Il se caractérise par la tension de fonctionnement, par 12 v, 24v ou 48 v ; l'intensité maximale et le niveau de surcharge et de décharge excessive ; [18].

L'onduleur :

Le rôle de l'onduleur est principalement de changer la nature du courant continu en alternatif, ce qui est largement utilisé dans les systèmes solaires [18]. La **figure 26** montre le principe de fonctionnement de l'onduleur avec ses composants internes. [20].

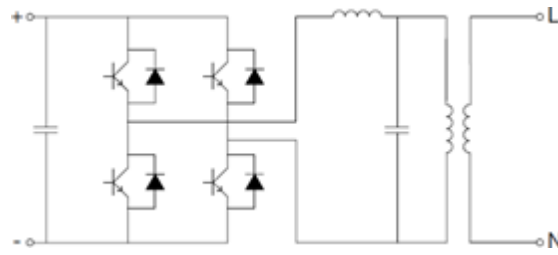


Figure 26: Schéma de principe d'un onduleur monophasé

L'onduleur se caractérise par les paramètres suivants :

- La valeur d'entrée et de sortie du courant et de la tension
- La fréquence
- Limites de la tension d'entrée - Basse de consommation et haut rendement
- L'énergie de sortie
- Pic de fonctionnement
- Les conditions environnementales.

2.5. Conclusion

Dans ce chapitre, les différents systèmes solaires actuellement en place et leurs principes de fonctionnement ont été présentés, et les facteurs environnants qui provoquent la conversion du rayonnement solaire en électricité. Et nous avons abordé les différents composants de base qui composent un système d'installation photovoltaïque.

Chapitre III

Dimensionnement du système PV

3. 1 Introduction

Avant toute installation d'un système photovoltaïque, il est nécessaire d'effectuer des calculs de dimensionnement des principaux composants du système. Le dimensionnement est essentiel pour assurer la fiabilité de l'installation. Les erreurs de dimensionnement entraînent l'une des deux conséquences suivantes :

- Prix élevé (cas de surdimensionnement).
- Déficit énergétique (cas de sous-dimensionnement).

3. 2 Définition et l'objectif du dimensionnement

Le dimensionnement spécifique est en fait un processus assez compliqué car il y a de diverses données à prendre en considération. Le dimensionnement vise à déterminer la puissance de pointe du générateur photovoltaïque, la capacité du parc de batteries et la taille des convertisseurs. Les principaux paramètres à prendre en considération sont les données météorologiques du site d'installation et le profil de charge souhaité par l'utilisateur.

Méthodes de dimensionnement

Il existe principalement deux méthodes pour dimensionner un système photovoltaïque, [22].

On peut citer:

Méthodes logicielles

Les méthodes logicielles utilisent une simulation du système. Pour chaque période considérée (généralement un jour ou une heure), une simulation du fonctionnement du système photovoltaïque et une évaluation du taux de satisfaction de la charge sont effectuées.

Ce type de méthode présente l'avantage d'être plus précis, mais il est nécessaire de disposer de données suffisantes sur les gisements solaires pour des périodes suffisamment longues. Un autre inconvénient est qu'elles mettent beaucoup de temps à atteindre la convergence attendue.

Méthodes classiques

Le volume du système est calculé sans tenir compte de la répartition horaire de la charge tout au long de la journée. Elle met l'accent sur les étapes suivantes :

- Estimation de la consommation.
- Estimation de l'énergie solaire reçue en fonction du lieu et de la situation géographique.
- Dimensionnement du générateur photovoltaïque.
- Le type de la technologie (plomb, gel,...) de la batterie et la capacité de stockage.
- Dimensionnement des convertisseurs.
- Calcul le câblage.

Dimensionnement d'un système solaire

Dimensionnement d'un système solaire par des méthodes classiques

Plusieurs étapes sont à suivre [22] :

Estimation des besoins quotidiens en électricité de l'utilisateur

Il s'agit d'estimer la consommation d'un équipement supposé connu. La puissance totale moyenne journalière E_c (Wh/jour) est le besoin total des différents appareils tel que l'éclairage, appareils électroniques, etc. qui composent le système étudié. Elle est calculée à l'aide de la loi suivante [23]:

$$E_c = \sum E_{di} \quad (1)$$

Pour les périphériques à usage non quotidien et à forte consommation d'énergie, on doit assumer la durée du cycle de service. En effet ; la consommation de chaque appareil peut être calculée comme suit :

$$E_{di} = P_i * T_d * N_i \quad (2)$$

- E_{di} : Énergie consommée par jour en wattheure (Wh) par l'équipement i .
- P : Puissance de l'équipement en Watt ;
- T_d : Durée de fonctionnement en heure ;
- N : Nombre d'équipements.

Estimation de l'énergie solaire reçue

Le rayonnement global est la somme du rayonnement direct et diffus sur un plan incliné. L'addition du rayonnement d'albédo. Le choix du degré d'inclinaison dépend de la saison ; qui suit la variation de la trajectoire annuelle du soleil [24]. On doit prendre en compte les données météorologiques du site d'installation ainsi que l'inclinaison et l'orientation des modules.

Données statistiques

Pour obtenir toutes les données, certains paramètres doivent être définis [24,25]:

- Latitude : distance angulaire de tout point du globe par rapport à l'équateur.
- Altitude : généralement, la référence pour cette valeur est le niveau de la mer.
- Orientation : c'est la direction cardinale vers laquelle est orientée la face du panneau.
- Angle d'inclinaison : c'est l'angle entre le module et le plan horizontal en degrés.

La latitude et l'altitude sont des paramètres de base (fixes pour chaque lieu).

L'inclinaison et l'orientation optimales du champ photovoltaïque

L'énergie fournie par une installation photovoltaïque est directement proportionnelle à l'ensoleillement. Afin d'optimiser au maximum l'installation solaire, il faut donc tenir compte de ce facteur, qui dépend lui-même de l'emplacement de l'installation, de l'orientation et de l'inclinaison du champ. Le module doit être orienté vers le sud dans la demi-sphère nord et vers le nord dans la demi-sphère sud, loin des zones ombragées, et incliné selon un angle qui optimise l'énergie récupérée. Les caractéristiques d'un plan incliné sont sa pente β à l'horizontale, et son rapport azimuthal par rapport au sud comme le montre la **figure 27** [26].

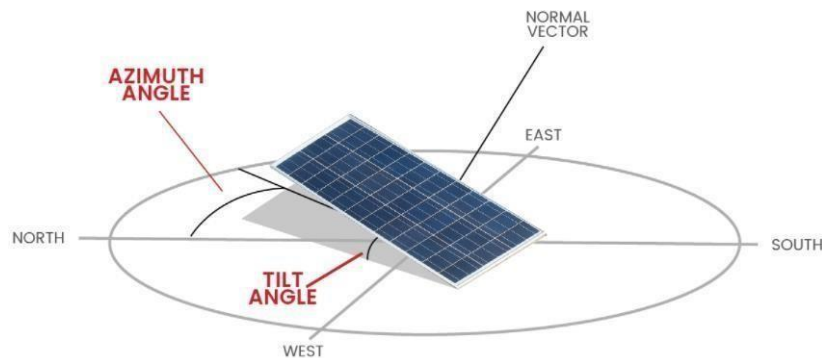


Figure 27: Inclinaison du panneau et angle d'orientation [27].

En moyenne, la pente optimale annuelle égale à la latitude du lieu afin de récupérer un maximum de puissance disponible sur le site. Ces considérations sont prises en compte lors du dimensionnement d'une installation photovoltaïque.

Le tableau 2 donne les valeurs de l'inclinaison recommandée des modules PV pour un usage annuel constante selon latitude [26].

Tableau 3 : La relation entre la latitude et la pente des panneaux pour l'optimisation Annuelle.

Latitude φ ($^{\circ}$)	Pente β ($^{\circ}$)
φ ($^{\circ}$) $< 10^{\circ}$	10°
$10^{\circ} < \varphi$ ($^{\circ}$) $< 30^{\circ}$	φ ($^{\circ}$)
$30^{\circ} < \varphi$ ($^{\circ}$) $< 40^{\circ}$	φ ($^{\circ}$) + 10°
φ ($^{\circ}$) $> 40^{\circ}$	φ ($^{\circ}$) + 15°

Approche de dimensionnement de la puissance de pointe PV

Il existe différentes manières de dimensionner un système PV :

- La méthode du jour défavorable.
- Méthode du mois défavorable.
- Méthode de la moyenne annuelle.

A- Dimensionnement du générateur PV en utilisant la méthode du mois défavorable et de la moyenne annuelle :

L'énergie globale de pointe du générateur photovoltaïque dépend de l'irradiation du lieu.

Elle est calculée par la formule suivante [21,28] :

$$P_{pv} = \frac{E_t}{K \cdot T(\text{heures de pointe})} \quad (03)$$

Avec :

- $T(\text{heures de pointe})$: est le taux journalier des heures de pointe du soleil du mois défavorable de l'année / le taux journalier des heures de pointe du soleil de l'année (h/jour) ;
- P_{pv} : Puissance de pointe du générateur photovoltaïque en Watt ;
- E_t : La Consommation énergétique par jour en Wh/jour ;
- K : Coefficient de correction, ce coefficient prend en compte :
 - *L'incertitude météorologique.*
 - *Inclinaison non corrigée du module selon la saison.*
 - *La capacité moyenne de charge/décharge de la batterie (90%).*
 - *La capacité du régulateur (95%).*
 - *K est entre 0,55 et 0,80 (généralement $k = 0,65$).*

B- Dimensionnement du générateur PV par la méthode du jour défavorable :

Pour calculer la taille totale du générateur PV ; on utilise l'ensoleillement quotidien moyen aux heures de pointe, comme le montre la figure III-, la formule est la suivante [21] :

$$P_{pv} = \frac{E_t}{\text{Theures de pointe}} * 1.2 \quad (4)$$

Il faut noter que la valeur 1,2 représente le facteur d'échelle qui prend en compte l'impact des conditions climatiques à différents emplacements du site. Pour faciliter le calcul, nous assimilerons l'énergie solaire au produit du rayonnement instantané 1000 W/m^2 et du nombre

d'heures N d'heures équivalentes représenté par la **figure 28** ; ci-dessous. On distingue que les aires sous les courbes sont les mêmes : celle de l'irradiation réelle est de la forme arrondie et celle de la courbe carrée sont équivalentes [22].

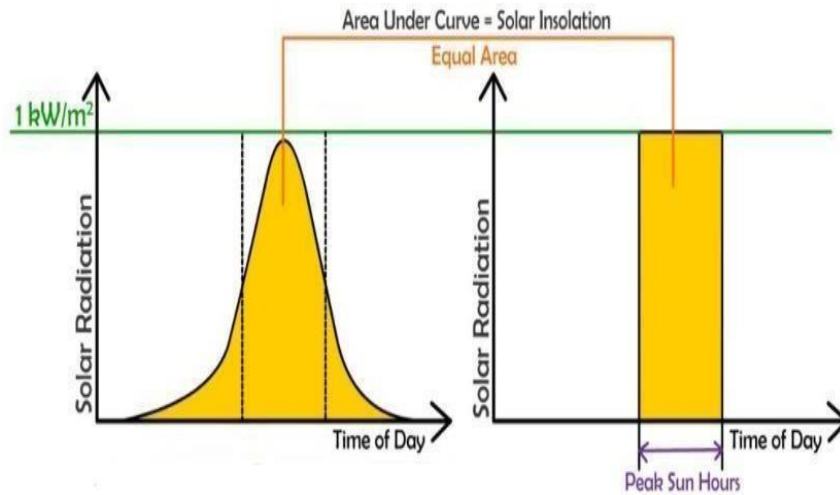


Figure 28: Détermination de l'heure de pointe d'ensoleillement [29].

Choix de la tension de fonctionnement du système PV :

Le choix de la tension nominale d'un système dépend de la disponibilité des matériaux (modules, batteries, etc.). En outre, il dépend des niveaux de puissance et d'énergie requises en fonction du type d'application ; comme le montre le **tableau 4** [22].

Tableau 4 : Les tensions de système correspondantes pour chaque intervalle de puissance de crête [22].

Puissance de crête (Wc)	< 500 Wc	500 Wc – 2KWc	> 2KWc
Tension du système (V)	12 VDC	24 VDC	48 VDC

Le nombre de modules connectés en série est égal à :

$$Ns = \frac{V_{sys}}{V_u} \quad (5)$$

- V_{sys} : tension du système ;
- V_u : tension nominale du module.

Le nombre de modules connectés en série est égal à :

$$Np = \frac{N_{tot}}{Ns} \quad (6)$$

- N_{tot} : le nombre total des modules.

Dimensionnement du parc de batteries

Pour assurer la disponibilité de l'énergie la nuit et dans des conditions nuageuses, les modules photovoltaïques doivent stocker l'énergie dans des batteries pendant les heures d'ensoleillement maximum. Il existe différents types de batteries rechargeables qui sont disponibles sur le marché ; telle que la batterie plomb-acide et lithium-ion. Divers facteurs sont pris en compte lors de la sélection et du dimensionnement du parc de batteries. Ces facteurs comprennent la charge totale de l'appareil, les jours d'autonomie ; habituellement 3 jours, la profondeur de décharge ; habituellement 0.8 et la tension nominale de la batterie. Ainsi, la taille de la batterie doit être augmentée de 1,5 à 3 fois pour qu'elle soit surdimensionnée plutôt que sous-dimensionnée [28]. La relation la plus utilisée pour déterminer la taille des batteries ou du parc de batteries pour une certaine demande de la charge est la suivante :

$$(Ah)_{banc} = \frac{D_{aut} * E_j(W*h)}{V_{sys} * D} \quad (7)$$

Avec :

- $(Ah)_{banc}$: est la taille du banc de batteries en ampères-heures ;
- V_{sys} : la tension continue du système ;
- D_{aut} : est le nombre de jours d'autonomie ;
- D : profondeur de décharge (0.8 pour les batteries au plomb).

Le nombre de batteries en série nécessaire pour construire la taille du banc de batteries est calculé comme suit ; en utilisant la taille d'une seule batterie.

$$Nb, s = \frac{(Ah)_{banc}}{(Ah)_{batterie}} \quad (8)$$

Avec :

- Nb, s : est le nombre de batteries en série.
- $(Ah)_{batterie}$: est la capacité d'une seule batterie. Le

nombre de batteries en parallèle est égal à :

$$Nb, s = \frac{V_{sys}}{V_{u, b}} \quad (9)$$

Avec :

- $V_{u, b}$: la tension de la batterie.

Dimensionnement du contrôleur de charge

Pour le régulateur, nous devons choisir celui qui est adapté à notre installation. Ainsi ; nous séparons les deux fonctions du régulateur : (charge et décharge). A l'entrée ; la régulation dépend du courant produit par les modules. A la sortie ; la régulation de décharge est une fonction de la puissance totale des récepteurs et donc du courant consommé. Les paramètres du régulateur sont définis en fonction des règles suivantes :

- Tension nominale : elle est la même avec la tension nominale du système.
- Le courant d'entrée : est supérieur a la valeur max sorte de générateur.

Pour une faible puissance ; on a :

$$I_{in} = N_p * 1.25 * I_{sc} \quad (10)$$

Pour une moyenne et une forte puissance ; on a :

$$I_{in} = N_p * 1.25 * I_{mpp} \quad (11)$$

Avec :

- I_{in} :le courant de Saisie du régulateur de charge ;
- I_{sc} :le courant de court-circuit;
- I_{mpp} :le courant total à la puissance maximale.

Le courant de sortie : doit être supérieur à la valeur maximale demandée par les récepteurs. Ils lorsqu'ils fonctionnent tous au point de puissance maximale ; [23].

Dimensionnement de l'onduleur

La taille de l'onduleur dépend de la puissance totale de la charge connectée. Elle l'onduleur doit correspondre au niveau de la tension et au rendement acceptable [30]. Elle est est calculée suivant la formule 12 ; comme suit :

$$\text{la taille de l'onduleur} = \frac{\text{la charge}(kw)}{\text{Rendement} * 0.8} \quad (12)$$

Ainsi ; le rendement atteint des valeurs élevées en fonctionnement nominal qui est égale à 0,8.

Dimensionnement du câblage ; (les fils)

Le volume des câbles est très important pour les systèmes solaires autonomes car il est utilisé pour interconnecter les différents composants d'un système PV et les charges électriques. En général, leurs tailles dépendent de la capacité de transport du courant maximal et doivent

être suffisantes pour minimiser les chutes de tension et les pertes résistives. Les dimensions doivent être correctement définies pour minimiser la chute de tension ; généralement inférieures à 2 %. Les câbles sous-dimensionnés peuvent être très dangereux en produisant une chaleur excessive et même des incendies. Le surdimensionnement des câbles n'est que de l'argent gaspillé.

Ainsi ; les dimensions du câble comprennent la longueur et la section du câble. La section transversale (A) du câble est calculée mathématiquement de la manière suivante [28]:

$$A = \frac{\rho * L * I_{max} * 2}{\Delta U} \quad (13)$$

Avec :

- ρ : résistivité du conducteur en ohm mètre ;
- l : la longueur du fil (mètre) ;
- ΔU : la chute maximale de tension admissible dans le câble ;
- I_{max} : le courant maximal transporté par le câble.

Pour les systèmes solaires photovoltaïques, les dimensions des câbles sont particulièrement impératives pour les sections entre les différents Equipement de l'installation, La valeur de I_{max} varie d'une section à l'autre et dépend de la tension et de la puissance nominale des composants.

Dimensionnement d'une installation solaire avec des méthodes logicielles

Présentation du logiciel de simulation PVsyst

Le PVsyst est un logiciel utilisé pour évaluer et simuler divers systèmes solaires. Il comprend plusieurs processus et maquettes qui fournissent des rapports rentables avec des conseils pour l'accroissement de projets. Il permet d'apporter les informations fiables des sites géographiques de la zone d'étude ;[31].

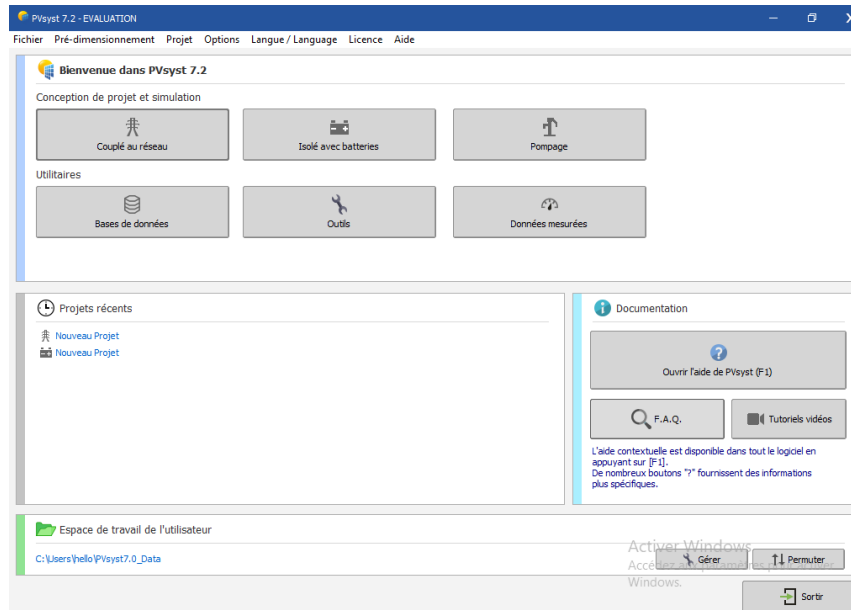


Figure 29: Interface du logiciel PVsyst

La simulation basée sur le logiciel PVsyst suit l'organigramme suivant :

- -Choix du type de système (connecté au réseau, autonome ou pompage).
- -Choix de l'emplacement géographique et de la base de données météorologiques.
- -Définition des paramètres du système (pente, orientation, etc.).
- -Définition de la charge et des composants du système
- -Simulation.

Localisation et données météorologiques

PVsyst recherche tous les fichiers météo disponibles dans la zone prédéfinie et sélectionne automatiquement le dernier fichier météo édité.

Coordonnées Géographiques Météo mensuelle Carte interactive						
Site Oum Drou (Algérie)						
Source des données CDER (2019-2021), Sat=100 %						
	Irradiation globale horizontale	Irradiation diffuse horizontale	Température	Vitesse du vent	Turbidité Linke	Humidité relative
	kWh/m ² /jour	kWh/m ² /jour	°C	m/s	[-]	%
Janvier	2.40	1.01	10.8	2.70	2.643	77.8
Février	3.70	1.35	11.7	3.10	2.893	72.8
Mars	4.35	1.85	14.6	3.09	3.648	67.3
Avril	4.97	2.48	17.1	3.20	3.950	65.1
Mai	6.30	2.60	21.8	3.19	4.442	54.9
Juin	7.02	2.76	26.8	3.30	4.667	44.3
Juillet	7.24	2.75	30.9	2.99	5.708	39.1
Août	6.38	2.43	30.7	3.00	4.905	41.8
Septembre	5.04	2.00	25.7	2.79	4.336	54.0
Octobre	3.93	1.62	21.9	2.60	3.647	58.5
Novembre	2.61	1.13	15.3	2.70	3.125	72.2
Décembre	2.24	0.97	12.2	2.49	2.738	76.0
Année	4.69	1.92	19.9	2.9	3.892	60.3
	Coller	Coller	Coller	Coller		

Irradiation globale horizontale variabilité d'une année sur l'autre 3.2%

Figure 30: Données météorologiques

Orientation des modules PV

Il est nécessaire de choisir l'orientation et l'inclinaison qui correspond à la production maximale d'énergie. Un exemple lorsqu'on sélectionne une orientation d'un plan, la zone d'informations affiche le facteur de transposition approprié, La différence par rapport à l'orientation optimale est la quantité du rayonnement solaire disponible sur cette pente ; qui est illustrée sur la figure 33 .

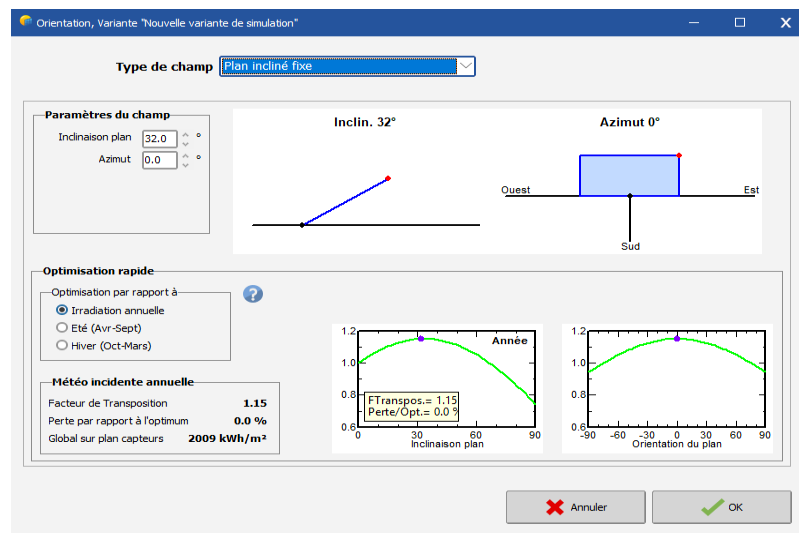


Figure 31: Positionnement des systèmes de panneaux PV

Définir les besoins de l'utilisateur

La figure 34 montre la partie définition de la consommation.

Définition des usages domestiques journaliers pour l'année.

Consommation | Distribution horaire

Consommations journalières

Nombre	Appareil	Puissance	Util. journ.	Distrib. horaire	Daily energy
11	Luminaire	30 W/lampe	6.0 h/jour	OK	1980 Wh
12	TV / PC / Mobile	140 W/app	8.0 h/jour	OK	13440 Wh
0	Appareils domestiques	0 W/app	0.0 h/jour		0 Wh
0	Frigo / Congélateur	0.00 kWh/jour	0.0		0 Wh
7	Machines à laver linge/vaisselle	150.0 W moy.	3.0 h/jour	OK	3150 Wh
12	Projecteur	50 W/app	7.0 h/jour	OK	4200 Wh
4	Plaque Publicitaire	200 W/app	7.0 h/jour	OK	5600 Wh
Consomm. de veille		0 W tot	24 h/jour		0 Wh
Energie journalière totale					28370 Wh/jour
Energie mensuelle					851.1 kWh/mois

Info appareils

Définition consommation par

Années Saisons Mois

Utilis. Week-end ou semaine

Utilisation seulement pendant

7 jours dans la semaine

Modèle

Charger Sauver Autre profil Annuler OK! OWS.

Figure 32: Estimation de la charge domestique

Cet outil permet également d'identifier clairement la consommation de chaque appareil, et aidera à optimiser les options en fonction des besoins du client.

Nous pouvons préciser pour chaque élément :

- Le nombre d'appareils, leur puissance individuelle, la durée de leur utilisation.
- Les heures de fonctionnement dans la journée (**Figure 33**) :

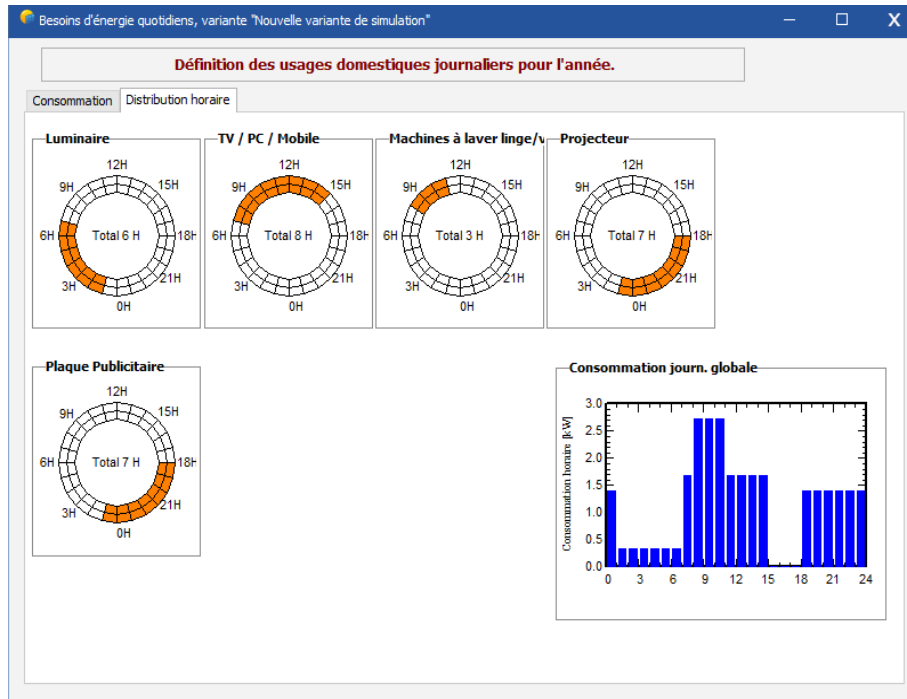


Figure 33: La distribution horaire de la consommation d'énergie d'une charge.

Prédimensionnement

L'outil de prédimensionnement, mis en évidence dans la **figure 34**, donne un aperçu global sur la capacité du banc de batteries et la puissance du générateur PV nécessaires pour l'installation. Le calcul est concentré sur les fichiers météo. Ainsi les paramètres sont définis comme suit :

- l'autonomie requise ;
- La probabilité acceptable que les besoins ne soient pas satisfaits par le système ;
- La tension de la banque des batteries.

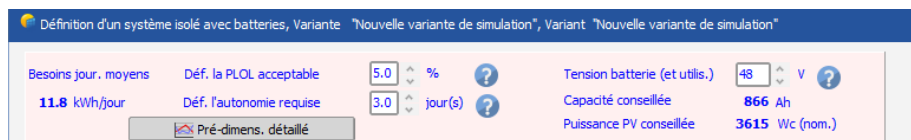


Figure 34 : Les outils de prédimensionnement.

Conception du système

Définition de la batterie, en choisissant un modèle parmi les modèles du programme ou en définissant un nouveau modèle comme dans la **figure 37**.

—Définissez le pack de batteries—

Trier les batteries selon tension capacité fabricant

Newmax 2V 500 Ah Pb Sealed Gel OPzS500 Depuis 2014

Pb-acide

24 batteries en série

2 batteries en parallèle

100.0 % Etat d'usure initial (nb. de cycles)

100.0 % Etat d'usure initial (statique)

Tension du pack batteries	48 V
Capacité globale	1000 Ah
Energie stockée (80 % DOD)	38.4 kWh
Poids total	1560 kg
Nbre de cycles à 80 % DOD	2200
Energie totale stockée durant la vie de la batterie	88 MWh

Figure 35: Les outils de pré dimensionnement les batteries.

PVsyst propose des batteries avec les liaisons en série ; en parallèle et des suggestions obtenues dans l'outil de prédimensionnement précédent. A cet effet ; on définit une configuration du réseau et une stratégie de contrôle en plusieurs étapes comme le montre la figure 38. La démarche est présentée comme suit :

- Choix d'un modèle de module PV dans la base de données,
- Choix de la stratégie de contrôle (couplage direct, MPPT ou convertisseur DCDC).

The screenshot shows a software interface for PV system design, divided into three main sections:

- Select the PV module:**
 - Prod. from 2018 (dropdown)
 - Sort modules: Power, Technology
 - Peimar (dropdown)
 - 150 Wp 15V Si-poly OS150P Since 2018 Manufacturer 201 (dropdown)
 - Open (button)
 - Sizing voltages: $V_{mpp} (60^{\circ}C)$ 14.5 V, $V_{oc} (-10^{\circ}C)$ 23.8 V
- Select the control mode and the controller:**
 - Universal controller, All manufacturers (dropdown)
 - MPPT power converter
 - Operating mode: Direct coupling, MPPT converter, DC-DC converter
 - Max. Charging - Discharging current: MPPT 1000 W 48 V 55 A 20 A Universal controller with MPPT conve G (dropdown)
 - Open (button)
 - Note: The operating parameters of the universal controller will automatically be adjusted according to the properties of the system.
- PV Array design:**
 - Number of modules and strings:
 - Mod. in series: 4 (input), should be: No constraint
 - Nb. strings: 4 (input), between 4 and 5
 - Nb. modules: 16, Area: 16 m²
 - Operating conditions:
 - $V_{mpp} (60^{\circ}C)$ 58 V
 - $V_{mpp} (20^{\circ}C)$ 70 V
 - $V_{oc} (-10^{\circ}C)$ 95 V
 - Plane irradiance: 1000 W/m²
 - Imp (STC) 35.5 A
 - Isc (STC) 38.5 A
 - Isc (at STC) 38.0 A
 - Max. operating power (at 1000 W/m² and 50°C): 2.4 kW
 - Array nom. Power (STC): 2.4 kWp

Figure 36 : Dimensionnement du générateur PV.

Il faut s'entendre que dans un premier temps, il est conseillé de choisir le "contrôleur universel", pour se débarrasser des conditions de contrôle spécifiques. Ainsi ; la programmation déterminera le nombre de panneaux et le mode de raccordement qui sont en fonction de la batterie, des conditions MPPT et de la puissance PV requise.

Simulation

Les simulations pilotent à la fois la production du générateur, les batteries et même l'enregistrement de la consommation des utilisateurs. Aux bornes de la batterie, toutes les tensions sont les mêmes et la simulation doit effectuer un équilibrage du courant. De plus, le comportement du système dépend de l'état de la régulation. Il peut s'agir de :

- Panneaux photovoltaïques déconnectés en cas de batterie pleine.
- Charge déconnectée en cas de décharge profonde de la batterie.

Conclusion

Ce chapitre se concentre sur la description des différentes méthodes de dimensionnement des systèmes autonomes. Une description détaillée de chaque méthode a été incluse pour exprimer les points communs entre les méthodes, les caractéristiques de chaque méthode et les différences entre elles.

L'outil de dimensionnement PVsyst donne une estimation approximative de la puissance et de la capacité de stockage du système PV, basée sur quelques paramètres très généraux et sur l'énergie solaire en valeurs mensuelles. C'est pourquoi les propositions de PVsyst sont précises par rapport à des autres études et des analyses.

Chapitre IV

Étude de cas

Introduction

Cette étude porte sur le dimensionnement et la réalisation de la station solaire pour l'alimentation d'un centre médical du groupe SOPREC. Cette étude s'intègre dans le cadre global de la politique du gouvernement algérien sur la transition énergétique.

Notre démarche s'articule sur la production de l'électricité par les systèmes à base d'énergie renouvelable notamment le solaire afin de répondre aux besoins de consommation énergétique du site d'étude. Notre démarche se repose sur deux phases : la première concerne le système connecté au réseau et la deuxième phase ; on a le système Off-grid pour l'éclairage interne, externe et les plaques publicitaires.



Figure 37: Centre médical du groupe SOPREC

Présentation du site

Il est rappelé qu'avant de procéder au dimensionnement de l'installation photovoltaïque, il est nécessaire de présenter et de préciser les caractéristiques géographiques et météorologiques du site d'étude.

La figure 41 illustre les coordonnées géographiques de notre lieu. Ainsi ; le site se trouve dans la ville de Chlef suivant les coordonnées suivantes : 36,19 degrés de latitude Nord, 1,38 de longitude Est, 110,15 m d'altitude.



Figure 38 : Le site géographique de la clinique

Tableau 5: Données Météorologiques du site (valeurs réelles, CDER, 2019-2020-2021)

Mois	2019		2020		2021	
	Gh	G_Inc/Lat	Gh	G_Inc/Lat	Gh	G_Inc/Lat
janvier	2585	4104	2647	4268	2334	3422
février	3780	5485	3881	5693	3499	4925
mars	4495	5426	4235	4526	4325	5080
avril	5025	5108	4897	4778	5012	5122
mai	6442	5976	6305	5853	6181	5755
juin	7409	6533	7287	6426	6367	5674
juillet	6857	6206	7482	6743	7399	6662
août	6258	6184	6491	6400	6414	6324
septembre	4981	5483	5135	5681	5022	5513
octobre	3920	5031	3983	5165	3891	4951
novembre	2563	3399	2858	4202	2409	3034
décembre	2218	3417	2195	3326	2326	3781

Gh: Rayonnement global reçu sur une surface horizontale en Wh/m²

G_Inc/Lat : Rayonnement global reçu sur une surface inclinée à la latitude du lieu Wh/m²

Le système Off-Grid

Dimensionnement Avec des méthodes classiques

Les besoins de la charge sont reportés sur le tableau 6 ; comme suit :

Tableau 6: Le bilan de la charge

Appareils électriques	Puissance unitaire (W)	La quantité	Puissance (W)	Durée d'utilisation (h)	La consommation journalière (Wh)
Luminaire	30	11	330	6	1980
Projecteur	50	12	600	7	4200
Plaque publicitaire	200	4	800	7	5600
La puissance totale (Pt)			1730	Energie consommée par jour (Ej)	88710

Le tableau ci-dessous présente la puissance des différents appareils, ainsi que la durée de consommation. Ces données recueillies lors de la visite, permettent de déterminer la puissance totale des récepteurs ainsi que l'énergie consommée durant la journée.

- Le calcul de la puissance crête :

$$P_c = \frac{E_j}{E_s * K}$$

Avec :

$$K=0,8$$

E_s : est la durée d'ensoleillement du mois le moins ensoleillé en heure;

d'où :

$$P_c = \frac{11780}{5,8 * 0,8} = 2538,8 \text{ Wc}$$

Nous précisons le nombre d'unités pour un modèle (285Wc, 24V)

$$Nm = \frac{P_c}{P_m}$$

$$Nm = \frac{2538,8}{285} = 8,9$$

Donc on prend 9 unités .

- Le choix du mode d'assemblage des panneaux :

La distribution doit être symétrique pour éviter les défauts de connexions. Elle doit respecter les normes du régulateur de charge. Ainsi nous avons choisi un modèle de (150V, 45A)

$$Np = \frac{I_{in}}{1.25 * I_{sc}}$$

$$Np = \frac{45}{1.25 * 9.6} = 3.125$$

Le nombre en parallèle est donc 3.

$$Ns = \frac{Nm}{Np}$$

$$Np = \frac{9}{3} = 3$$

Ainsi ; on a trois chaînes de trois plaques d'affilées.

- Choix de batterie :

Nous allons déterminer le nombre pour un modèle de (2V ,500 Ah)

$$(Ah)_{Banc} = \frac{3 * 1780}{48 * 0.8} = 920.3Ah$$

Le nombre de batteries nécessaires en série est

$$Nb, s = \frac{(Ah)_{Banc}}{(Ah)_{Batterie}}$$

$$Nb, s = \frac{920.3}{500} = 1.82$$

Ainsi ; on a 2 blocs en parallèle.

- Le nombre de batteries connectées en parallèle

D'après le **Tableau 3** ; on a la tension du système est de 48v

$$Nb, p = \frac{V_{sys}}{V_{u, b}}$$

$$Nb, p = \frac{48}{2} = 24$$

On donc 24 batteries en série (bloc)

- Choix de convertisseur :

Les caractéristiques de l'onduleur utilisé doivent être compatibles avec une installation ayant une tension de 48 V et une demande de puissance de 1730W.

$$P_{\text{ondu}} = \frac{P_t}{K * r}$$

$$P_{\text{ondu}} = \frac{1730}{0.8 * 0.8} = 2703,125 \text{ W}$$

- Choix des câbles :

Nous utilisons des câbles DC qui assurent la connexion entre les appareils. Pour éviter les pertes dans l'installation, les dimensions de la section de câble doivent être déterminées par la formule suivante :

$$A = \frac{\rho * l * I_{\text{max}} * 2}{\Delta U_{\text{max}}}$$

Pour u système de tension moyenne ; On a une chute de tension de 3% ; d'où :

$$\Delta U_{\text{max}} = \frac{48 * 3}{100} = 1.44 \text{ V}$$

La résistivité du cuivre : $1.7 * 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$

- Champ PV- Régulateur/convertisseur

Le courant maximal est le courant de court-circuit des modules des petits champs photovoltaïques ; ainsi ;

- $I_{\text{max}} = N_p * I_{\text{cc}}$
- I_{cc} : le courant de court-circuit de chaque module
- $I_{\text{max}} = 3 * 9.6 = 28.8 \text{ A}$

$$A = \frac{(1.7 * 10^{-8}) * 7 * 10^6 * 28.8 * 2}{1.44} = 4.76 \text{ mm}^2$$

- Batterie-Convertisseur/régulateur :

Le courant maximal entre les batteries et les convertisseurs est donné comme suit:

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{ondu}}}{V_{\text{sys}}} = 56.31 \text{ A}$$

$$A = \frac{(1.7 * 10^{-8}) * 5 * 10^6 * 56.31 * 2}{1.44} = 6.64 \text{ mm}^2$$

• **Dimensionnement avec PVsyst**

Pour le dimensionnement à l'aide du logiciel PVsyst, la première étape consiste à renseigner les données géographiques et météorologiques de notre emplacement.

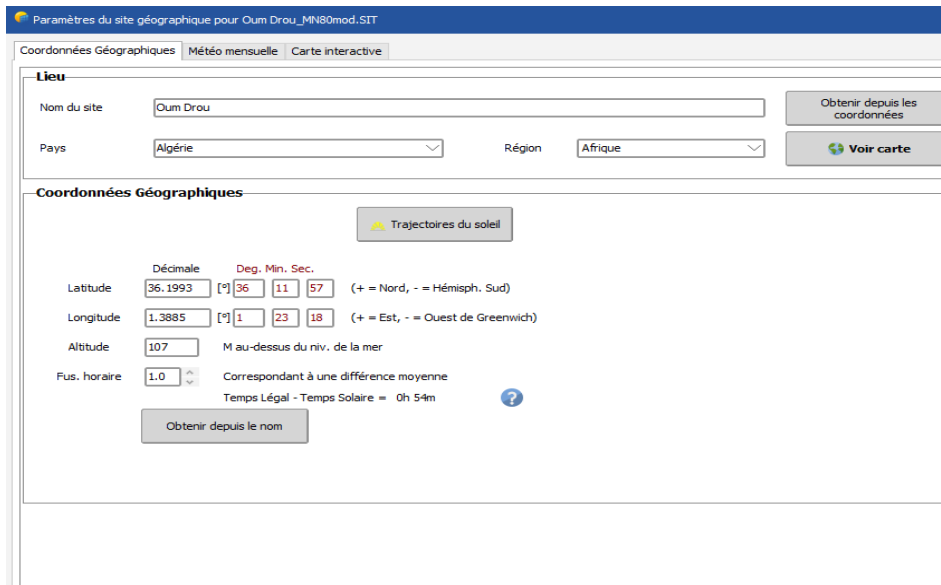


Figure 39: Les coordonnées géographiques du site.

	Irradiation globale horizontale kWh/m ² /jour	Irradiation diffuse horizontale kWh/m ² /jour	Température °C	Vitesse du vent m/s	Turbidité Linke [-]	Humidité relative %
Janvier	2.40	1.01	10.8	2.70	2.643	77.8
Février	3.70	1.35	11.7	3.10	2.893	72.8
Mars	4.35	1.85	14.6	3.09	3.648	67.3
Avril	4.97	2.48	17.1	3.20	3.950	65.1
Mai	6.30	2.60	21.8	3.19	4.442	54.9
Juin	7.02	2.76	26.8	3.30	4.667	44.3
Juillet	7.24	2.75	30.9	2.99	5.708	39.1
Août	6.38	2.43	30.7	3.00	4.905	41.8
Septembre	5.04	2.00	25.7	2.79	4.336	54.0
Octobre	3.93	1.62	21.9	2.60	3.647	58.5
Novembre	2.61	1.13	15.3	2.70	3.125	72.2
Décembre	2.24	0.97	12.2	2.49	2.738	76.0
Année	4.69	1.92	19.9	2.9	3.892	60.3

Irradiation globale horizontale variabilité d'une année sur l'autre 3.2%

Figure 40: Les données météorologiques du site.

La deuxième étape consiste à configurer les principaux paramètres, le premier paramètre est l'orientation.

Pour notre emplacement, Il fait déjà face au sud avec un avec azimuth environ de 0, et pour un rendement optimal et perte par rapport à l'optimum de 0% on choisit une inclusion plane de 32 degrés.

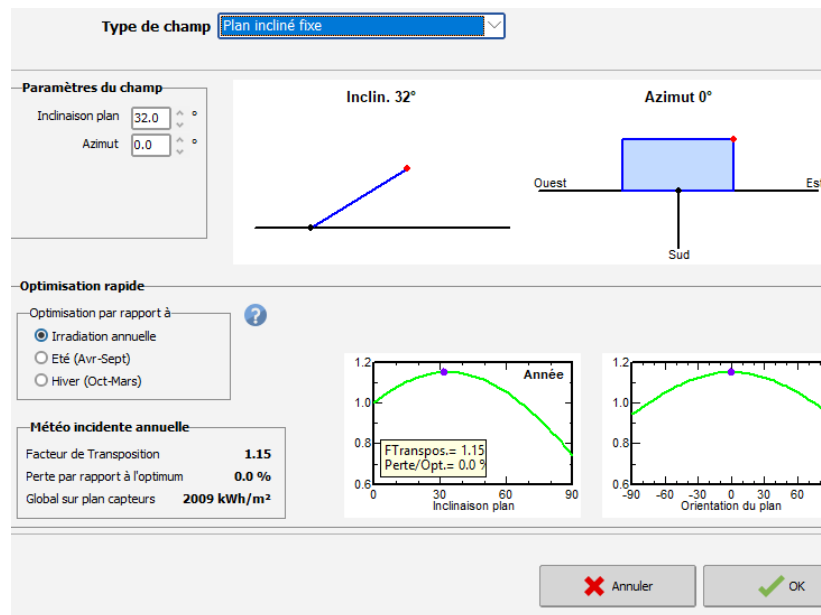


Figure 41: Choix de l’orientation et de la pente de l’installation photovoltaïque. Pour déterminer la consommation, il est nécessaire de consulter le bilan énergétique.

– Consommations journalières

Nombre	Appareil	Puissance	Util. journ.	Distrib. horaire	Daily energy
11	Luminaire	30 W/lampe	6.0 h/jour	OK	1980 Wh
0	TV / PC / Mobile	0 W/app	0.0 h/jour		0 Wh
0	Appareils domestiques	0 W/app	0.0 h/jour		0 Wh
0	Frigo / Congélateur	0.00 kWh/jour	0.0		0 Wh
0	Machines à laver linge/vaisselle	0.0 W moy.	0.0 h/jour		0 Wh
12	Projecteur	50 W/app	7.0 h/jour	OK	4200 Wh
4	Plaque Publicitaire	200 W/app	7.0 h/jour	OK	5600 Wh
	Consomm. de veille	0 W tot	24 h/jour		0 Wh
Energie journalière totale					11780 Wh/jour
Énergie mensuelle					353.4 kWh/mois

Info appareils

Figure 42: La consommation journalière.

- Distribution horaire

La connaissance de la répartition horaire a pour but de déterminer la puissance d’alimentation maximale de l’onduleur.

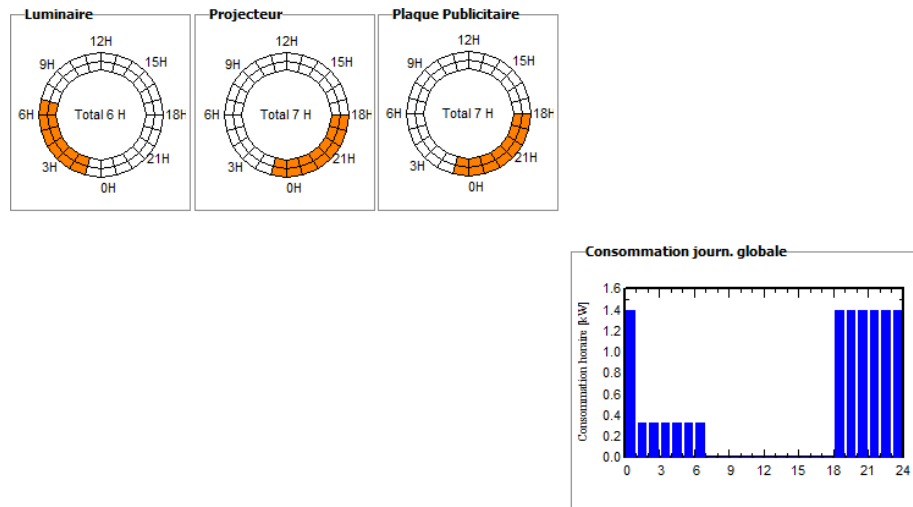


Figure 43: La répartition horaire de la consommation de jour.

• Choix de batterie :

Avec un système de tension 48v ; on choisit un modèle batterie de (2v, 500Ah).

Ainsi ; le logiciel nous donne un câblage de deux séries, chaque série contient

2 V 500 Ah Pb Sealed Gel OPzS500 Newmax

 batteries en série Nombre de batteries **48**
 batteries en parallèle Nombre d'éléments **48**
 % Etat d'usure initial (nb. de cycles)
 % Etat d'usure initial (statique)

Tension du pack batteries **48 V**
 Capacité globale **1000 Ah**
 Energie stockée (80 % DOD) **38.4 kWh**
 Poids total **1560 kg**
 Nbre de cycles à 80 % DOD **2200**
 Energie totale stockée durant la vie de la batterie **88 MWh**

24 modèles.

Figure 44: La sélection de batterie.

• Choix du module PV :

On a choisi un modèle de 285Wc qui est disponible sur le marché.

Sélection du module PV
 Tri modules par Puissance Technologie
 285 Wp 31V Si-poly IF-P285-60 Jusqu'à 20
 Modules nécessaires approx. **41** Dimens. des tensions : Vmpp (60°C) **30.8 V**
 Vco (-10°C) **49.5 V**

Figure 45: La sélection du module photovoltaïque.

• **Choix du mode de régulation et le régulateur :**

A partir de la valeur du courant maximal qui est supporté par le régulateur ; on a choisi un régulateur de (150/45,48V) avec convertisseur MPPT.

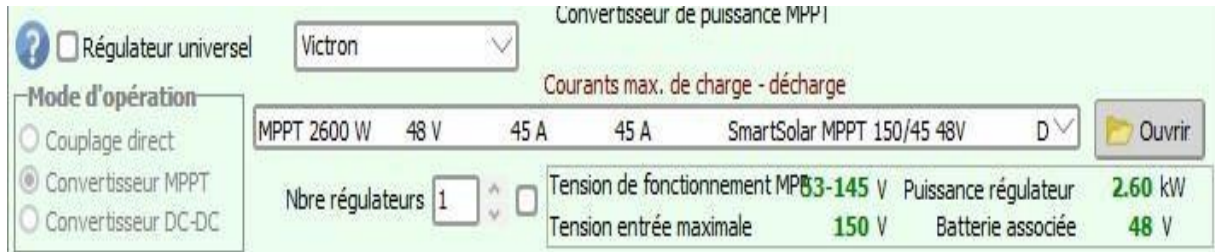


Figure 46: La sélection de régulateur et le mode.

• **Le mode de connexion :**

Nous avons choisi une connexion de 3 en série ; comme le montre la figure 46 :



Figure 47- : La sélection du mode de liaison.

• **Schéma simplifié du système :**

La figure 46 illustre le schéma simplifié du système PV.

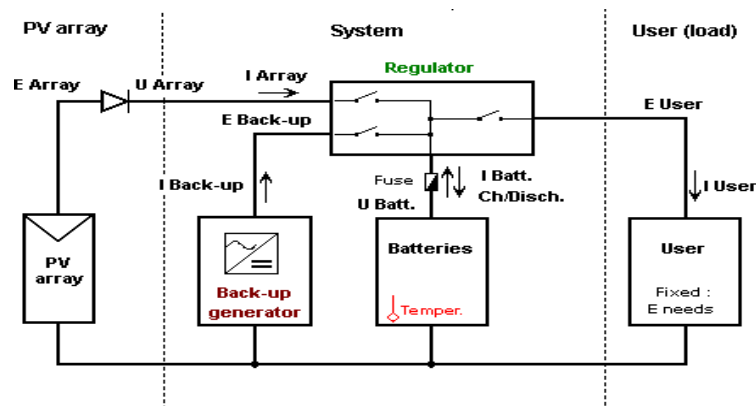


Figure 48 : Schéma simplifié du système.

La réalisation de système

Après avoir dimensionné le système PV par les deux méthodes, nous choisirons les dispositifs nécessaires et adéquats au bon fonctionnement du système durant les 20 prochaines années.

Tableau 7 : Résultat final après le dimensionnement.

	Équipements proposes	Équipements installés
Module PV	9(285Wc)	9(285Wc)
Régulateur de charger/décharge	(150V/45A)	(150V/45A)
Convertisseur	2800W	3000
Batterie	48(2V, 500Ah)	48(2V, 500Ah)
Câblés	4 ; 6 mm ²	6 ; 16 mm ²

A cet effet ; les équipements choisis dans ce cas sont :

- Les panneaux solaires

L'installation a été réalisée avec 3*3 panneaux d'une puissance globale de 2565Wc. Le modèle choisi est de la marque IFRI-SOL 285Wc (IF-P285-60) de la technologie Poly- cristalline avec 5 BB. L'unité est certifiée selon les normes IEC 61215, IEC 61730.IEC 61701.IEC 62716.



Figure 49: Le model PV IF-P285-60.

Module Type	Nominal Power P _{mpp}	Nominal Voltage U _{mpp}	Nominal Current I _{mpp}	Open Circuit Voltage (U _{oc})	Short Circuit Current (I _{sc})	Module Conversion Efficiency
IF-P285-60	285Wp	31.43V	9.07A	38.63V	9.60A	17.18%

Figure 47: Les Caractéristiques électriques (IF-P285-60) STC.

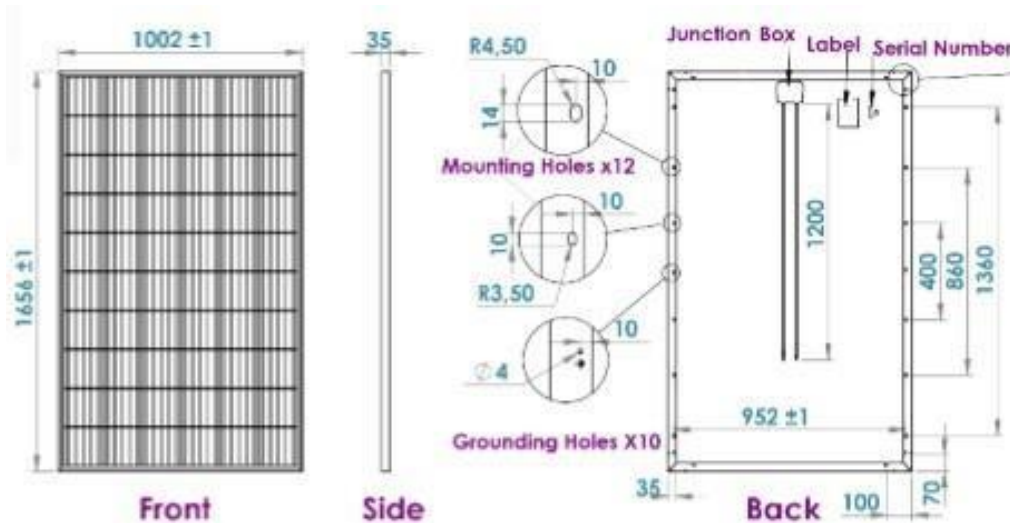


Figure 50 : Le dessin technique du model IF-P285-60.

- Les batteries

L'ensemble contient 48 piles de (2V, 500Ah). Le choix est effectué sur le modèle (OPzS500) de la marque UNIVERSEL POWER.



Figure 51: Le model OPzS500.

Length (mm / inch).....	166 / 6.53
Width (mm / inch)	206 / 8.11
Height (mm / inch)	470 /18.5
Total Height (mm / inch).....	524 / 20.6
Approx.Weight(Kg / lbs)	
...(dry)....	27.1/ 59.6
...(flooded)...	37.9/83.4

Figure 52 : Les caractéristiques mécaniques du model OPzS500

Nominal Voltage	2V
Number of cell	1
Design Life	20years
Nominal Capacity 77°F(25°C)	
240 hour rate(3.03A, 1.85V)	727Ah
100 hour rate(6.00A, 1.85V)	600Ah
10 hour rate(50.0A, 1.80V)	500Ah
5 hour rate(84.0A, 1.80V)	420Ah
3 hour rate (125A, 1.75V)	375Ah
1 hour rate(265A, 1.67V)	265Ah
Self-Discharge -- 4.5% of capacity declined per 28days at 20°C(average)	
Operation Temperature Range	
Discharge	-20~65°C
Charge	-10~65°C
Storage	-20~65°C
Max.Discharge Current 77°F(25°C)	
....	2500A(5s)
Short Circuit Current	3850A

Figure 53 : Les caractéristiques électriques du model OPzS500

- Le régulateur

Son rôle est de contrôler le courant et la tension entre les unités et les batteries ainsi que limiter la décharge profonde. Le choix se porte sur le régulateur MPPT 150/45-TR de la marque Victron Energy adapté à notre installation 3*3.



Figure 54 : Le model Victron 150/45- TR

Contrôleur de charge BlueSolar	MPPT 150/45
Tension de la batterie	12 / 24 / 48 V Sélection automatique (outil logiciel nécessaire pour sélectionner 36 V)
Courant de charge nominal	45 A
Puissance nominale PV, 12 V 1a, b)	650 W
Puissance nominale PV, 24V 1a, b)	1300 W
Puissance nominale PV, 48V 1a, b)	2600 W
Courant maxi. de court-circuit PV 2)	50 A
Tension PV maximale de circuit ouvert	150 V maximum absolu dans les conditions les plus froides 145 V maximum pour le démarrage et le fonctionnement
Efficacité maximale	98 %
Autoconsommation	10 mA
Tension de charge « d'absorption »	Configuration par défaut : 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (réglable)
Tension de charge « Float »	Configuration par défaut : 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (réglable)
Algorithme de charge	adaptative à étapes multiples
Compensator de température	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C
Protection	Polarité inversée de la batterie (fusible, non accessible par l'utilisateur) Polarité inversée PV / Court-circuit de sortie / Surchauffe
Température d'exploitation	-30 à +60 °C (puissance nominale en sortie jusqu'à 40°C)
Humidité	95 %, sans condensation
Port de communication de données et allumage/arrêt à distance	VE.Direct (Consultez notre livre blanc concernant les communications de données qui se trouve sur notre site Web)
Fonctionnement en parallèle	Oui (pas synchronisé)
BOÎTIER	
Couleur	Bleu (RAL 5012)
Bornes PV 3)	35 mm ² / AWG2 (Modèles Tr), Deux ensembles de connecteurs MC4
Bornes de batterie	35 mm ² / AWG2
Degré de protection	IP43 (composants électroniques), IP22 (zone de connexion)
Poids	3 kg
Dimensions (h x l x p) mm	Modèles Tr : 185 x 250 x 95 mm Modèles MC4 : 215 x 250 x 95 mm

Figure 55 : La fiche technique du model Victron 150/45- TR

C'est la phase de conversion DC/AC du courant produit par la centrale en un courant alternatif pour le besoin de la consommation et le fonctionnement de la charge en AC.

Après la conception de l'installation, le choix s'est porté sur le modèle MultiPlus-II 48/3000/35-32 du fabricant Victron Energy.



Figure 56 : Le model Victron MultiPlus-II 48/3000.

MultiPlus-II	48/3000/35-32
PowerControl / PowerAssist	Oui
Commutateur de transfert	32 A
Courant d'entrée CA maximal	32 A
CONVERTISSEUR	
Plage de tension d'alimentation CC	38 – 66 V
Sortie	Tension de sortie : 230 VCA ± 2 % Fréquence : 50 Hz ± 0,1 % (1)
Puissance de sortie continue à 25°C (3)	3000 VA
Puissance de sortie continue à 25 °C	2400 W
Puissance de sortie continue à 40 °C	2200 W
Puissance de sortie continue à 65 °C	1700 W
Puiss. de renvoi maxi. présumée	2 500 VA
Puissance de crête	5500 W
Efficacité maximale	95 %
Consommation à vide	11 W
Consommation à vide en mode AES	7 W
Puissance de charge zéro en mode Recherche	2 W

Figure 57 : La fiche technique du model Victron MultiPlus-II 48/3000

- Les câbles

Lors du choix des câbles électriques pour un système photovoltaïque, il est obligatoire de choisir le type désigné pour le courant continu et de spécifier le diamètre. A cet effet ; le choix s'est porté sur le type H1Z2Z2-K avec une mesure de 6 mm² pour connecter les panneaux et 16 mm² pour connecter les appareils de couleur rouge pour l'électrode positive et noir pour l'électrode négative.



Figure 58 : Le model de câble rouge (+) 16mm².



Figure 59 : Le model de câble noir (-) 16mm².

La première étape après le dimensionnement et la récupération des matériaux est d'installer les panneaux. Selon le site, une fondation en béton doit être construite, d'après la figure 57



Figure 60 : La fondation en béton (50 * 50 * 20).

L'étape suivante est d'installer les panneaux avec une inclusion de 32 degrés, le résultat est montré sur la figure 58.



Figure 61 : 9 modules installés avec une pente de 32 degrés.

Après l'installation, le processus de connexion des panneaux de fils s'accompagne de la prise en compte des couleurs, où le rouge est pour le pôle positif et le noir pour le pôle négatif, comme indiqué sur la figure 62. De plus une connexion de la mise à la terre (colorée en jaune et vert) à la structure pour les besoins de protection ; comme le montre la figure 63.

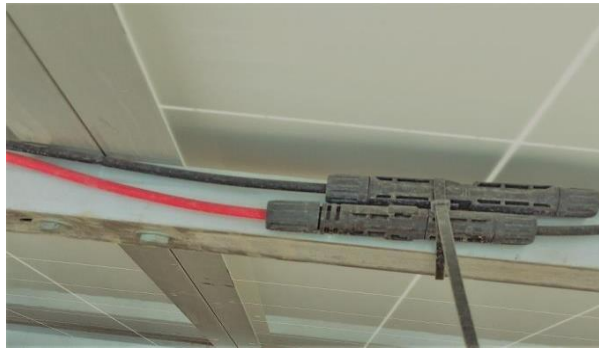


Figure 62 : le raccordement des panneaux.



Figure 63 : Installation de la prise de terre dans le châssis.

Après cela, le courant produit traverse l'armoire de protection pour atteindre le régulateur de charge.

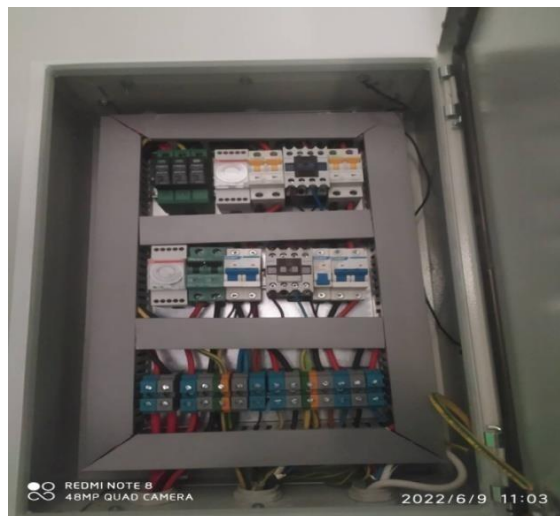


Figure 64 : l'armoire de protection DC/AC.

Armoire métallique (700/500/200)

Bornie de raccordement (14 pièces)

Partie AC :

Sectionneur FAH-63 2p 63A

Disjoncteur FE7-63 2p 63 A/MCB

Partie DC :

Parafoudre Fsp-D40 3p 100 VDC SPD

Disjoncteur Fpv-63 2p 40A 550VDC MCB

Dans le régulateur de charge, nous connectons le courant de production et les pôles du système de stockage comme indiqué sur la **figure 65**.



Figure 65 : le branchement du régulateur de charge.



Figure 66 : Le raccordement des batteries (2*24).

Ensuite, il est connecté au convertisseur. Ce qui donne la valeur du courant alternatif.



Figure 67 : l'entrée à droite en DC et la sortie AC du convertisseur.

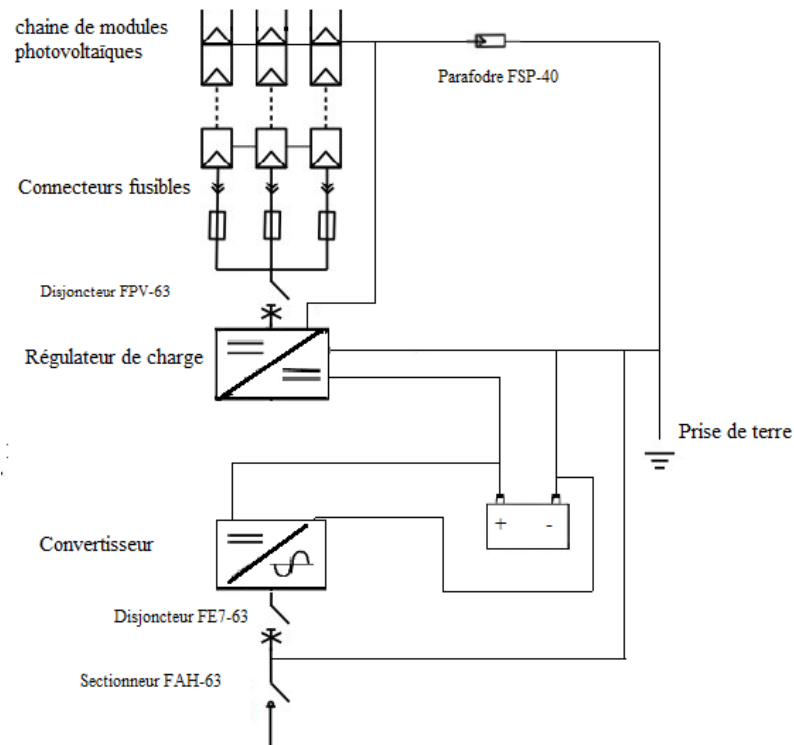


Figure68 : Schéma de protection



Figure 69 : Le montage Régulateur–convertisseur-le système de protection.

Le système On-grid

Le but de ce système est de réduire la consommation globale. A cet effet ; nous dimensionnerons en fonction de la surface disponible. Pour cela, on va utiliser la méthode classique, et la deuxième étape consiste à appliquer les résultats obtenus au programme PVsyst notre cas d'étude.

Dimensionnement avec des méthodes classiques

On a un espace de longueur égale à 18 m et de largeur 2,85 m avec une inclusion de 32 degré
Pour notre installation, la largeur doit être :

$$\text{Largeur} = \frac{2.85}{\cos(32)} = 3.36 \text{ m}$$

- On calcule la surface

$$S = \text{longueur} * \text{Largeur} = 18 * 3,36 = 60,49\text{m}^2$$

On choisit un modèle 1.665×1.002×0.030m

La surface de ce modèle S_p est de 1,66833m²

- Le nombre des panneaux

Pour calculer le nombre des modules ; on divise la surface globale sur la surface unitaire du panneau :

$$N_m = \frac{S}{S_p} = 36.04$$

Donc :

On a 36 panneaux

- Calcule de la puissance globale crête On choisit un modèle de 330Wc

$$P_c = 36 * P_p = 11880W_c$$

P_p : la puissance crête du module.

- Le nombre de série :

D'après le Tableau 3 la tension du système est de 48v

$$N_s = \frac{V_{sys}}{V_u} = 1.54$$

Donc On a deux séries

- Le nombre de panneaux en chaque série :

$$N_p = \frac{N_m}{N_s} = 18$$

Donc On a 18 panneaux de chaque série.

- Choix de L'onduleur

Selon la fiche technique des dernières générations d'onduleurs, la puissance réelle est de 120% de la valeur déclarée sur la carte d'interface de l'onduleur (coefficient de sécurité). Dans notre cas, le système est connecté au réseau, ainsi si la charge a besoin de plus de puissance que la centrale photovoltaïque pour l'alimenter, le réseau public compense cette valeur à partir des besoins.

$$P_{ond} = \frac{11880}{1.2} = 9900W$$

K : coefficient de sécurité.

Donc on prend le modèle 10kw.

- Choix des câbles

$$A = \frac{\rho * L * I_{max} * 2}{\Delta U_{max}}$$

La chute de tension dans le câble

$$\Delta U_{max} = \frac{48 * 3}{100} = 1.44V$$

- Champ PV- Onduleur

Le courant maximal est le courant de court-circuit des modules des petits champs Photovoltaïques.

$$I_{max} = N_p * I_{cc}$$

I_{cc} : le courant de court-circuit de chaque module

$$I_{max} = 2 * 8.57 = 17.14A$$

$$A = \frac{(1.7 * 10^{-8}) * 10 * 10^6 * 17.14 * 2}{1.44} = 4.046mm^2$$

- Champ Onduleur-Réseau

$$I_{max} = \frac{P_{ond}}{V_{sys}} = 25A$$

$$A = \frac{(1.7 * 10^{-8}) * 10 * 10^6 * 25 * 2}{1.44} = 5.9mm^2$$

Dimensionnement avec PVsyst

Pour le dimensionnement à l'aide du logiciel PVsyst, la première étape consiste à renseigner les données géographiques et météorologiques de notre emplacement.

The screenshot shows the 'Paramètres du site géographique pour Oum Drou_MN80mod.SIT' window in PVsyst. It has three tabs: 'Coordonnées Géographiques', 'Météo mensuelle', and 'Carte interactive'. The 'Lieu' section contains:

- Nom du site: Oum Drou
- Pays: Algérie
- Région: Afrique

 The 'Coordonnées Géographiques' section includes:

- Trajectoires du soleil: [button]
- Latitude: 36.1993 [°] (36, 11, 57) (+ = Nord, - = Hémisph. Sud)
- Longitude: 1.3885 [°] (1, 23, 18) (+ = Est, - = Ouest de Greenwich)
- Altitude: 107 M au-dessus du niv. de la mer
- Fus. horaire: 1.0 Correspondant à une différence moyenne Temps Légal - Temps Solaire = 0h 54m

Figure 70 : Les coordonnées géographiques du site.

Coordonnées Géographiques Météo mensuelle Carte interactive						
Site Oum Drou (Algérie)						
Source des données CDER (2019-2021), Sat=100 %						
	Irradiation globale horizontale kWh/m ² /jour	Irradiation diffuse horizontale kWh/m ² /jour	Température °C	Vitesse du vent m/s	Turbidité Linke [-]	Humidité relative %
Janvier	2.40	1.01	10.8	2.70	2.643	77.8
Février	3.70	1.35	11.7	3.10	2.893	72.8
Mars	4.35	1.85	14.6	3.09	3.648	67.3
Avril	4.97	2.48	17.1	3.20	3.950	65.1
Mai	6.30	2.60	21.8	3.19	4.442	54.9
Juin	7.02	2.76	26.8	3.30	4.667	44.3
Juillet	7.24	2.75	30.9	2.99	5.708	39.1
Août	6.38	2.43	30.7	3.00	4.905	41.8
Septembre	5.04	2.00	25.7	2.79	4.336	54.0
Octobre	3.93	1.62	21.9	2.60	3.647	58.5
Novembre	2.61	1.13	15.3	2.70	3.125	72.2
Décembre	2.24	0.97	12.2	2.49	2.738	76.0
Année	4.69	1.92	19.9	2.9	3.892	60.3

Irradiation globale horizontale variabilité d'une année sur l'autre 3.2%

Figure 71 : Les données météorologiques du site.

La deuxième étape consiste à configurer les principaux paramètres, le premier paramètre est l'orientation.

Pour notre emplacement, Il fait déjà face au sud avec un avec azimut environ de 0, et pour un rendement optimal et perte par rapport à l'optimum de 0% on choisit une inclusion plane de 32 degré.

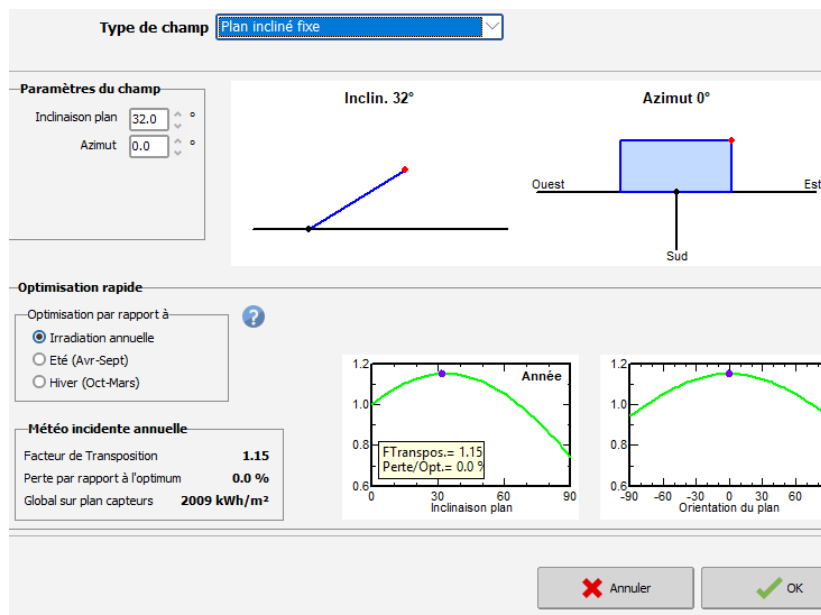


Figure 72 : Choix de l'orientation et de la pente de l'installation photovoltaïque.

- La configuration du système

Notre dimensionnement est basé sur une surface environ de 60.5m², le logiciel doit la convertir directement en puissance (Wc).

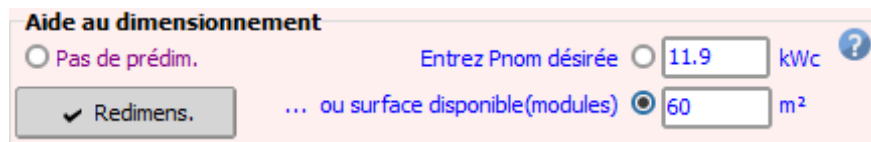


Figure 73 : la Sélection de la surface.

- Le choix de modèle

Nous avons choisi un modèle de 330Wp

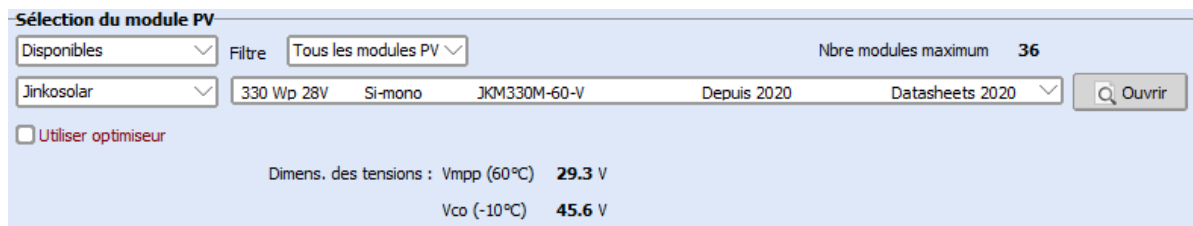


Figure 74 : la sélection du module photovoltaïque.

On remarque que le programme calcule le nombre d'unités (36 unités) à partir de la surface qu'il nous donne et de la surface unitaire qui était déjà dans la base de données (et même avec la puissance totale et la puissance unitaire)

- Le choix de l'onduleur :

A partir de notre surface, Logiciel nous donne 11.9KWc, Donc on choisit un onduleur de 10Kw.

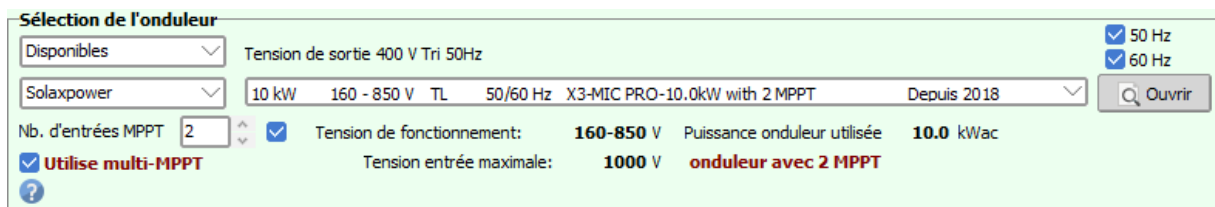


Figure 75 : La sélection de l'onduleur.

- Choix du mode de liaison des modules

Nous avons choisi une connexion de 18 en série sur deux séries qui se traduit par une perte de surpuissance de 0 %.

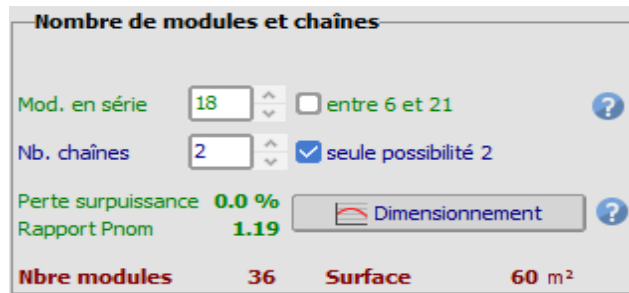


Figure 76 : Le mode de connexion.

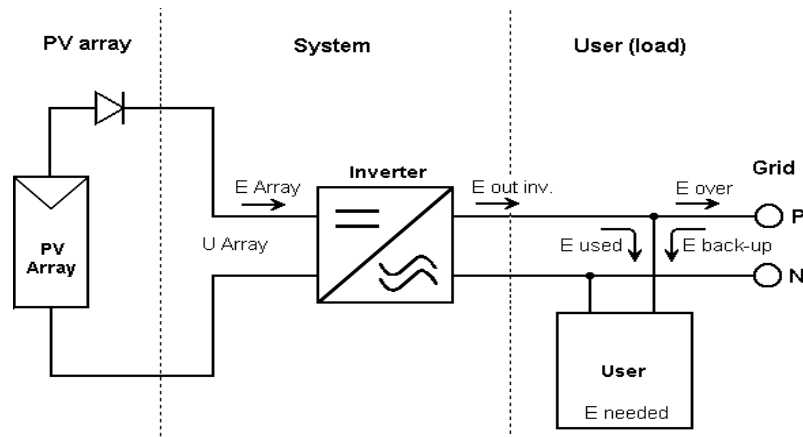


Figure 77 : Schéma simplifié du système.

La réalisation du système

Après avoir déterminé les dimensions par les deux méthodes, nous choisirons les dispositifs pratiques du système qui assureront le fonctionnement du système pendant 20 ans.

Tableau 8 : Résultat final de dimensionnement

	Équipements proposés	Équipements installés
Modules PV	36(330Wp)	36(330Wp)
Onduleur	10KW	10KW
Câbles	4 ; 6 mm ²	6 ; 16 mm ²

Les équipements solaires sont :

- Les panneaux solaires

L'installation a été réalisée avec 2*18 panneaux d'une puissance globale de 11880Wc avec un modèle de la marque Jinko 330Wp (JKM330M-60) de la technologie MONO-PERC avec 5 BB. L'unité est certifiée selon les normes IEC 61215, IEC 61730.



Figure 78 : Le model PV JKM330M-60

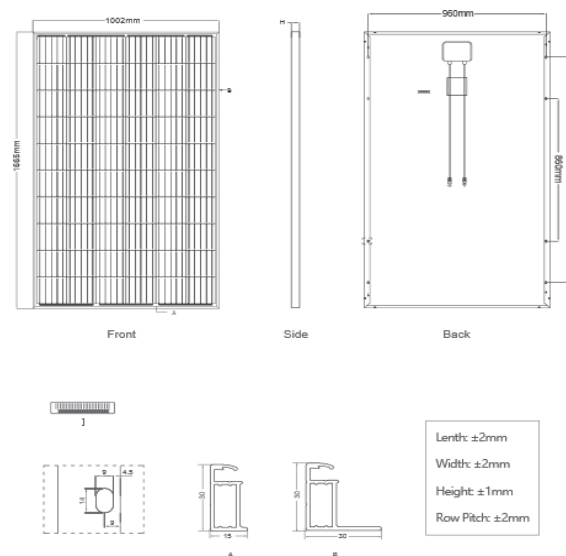


Figure 79 : Le dessin technique de panneau.

Module Type	JKM330M-60	
	JKM330M-60-V	
	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	330Wp	246Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	33.8V	31.02V
Maximum Power Current (Imp)	9.77A	7.83A
Open-circuit Voltage (Voc)	41.3V	38.9V
Short-circuit Current (Isc)	10.61A	8.57A
Module Efficiency STC (%)	19.78%	

Figure 80 : Les caractéristiques du panneau.

Cell Type	Mono PERC	158.75×158.75mm
No.of cells	60	(6×10)
Dimensions	1665×1002×30mm	(65.55×39.45×1.18 inch)
Weight	18.2 kg	(40.1 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass	
Frame	Anodized Aluminium Alloy	
Junction Box	IP67 Rated	
Output Cables	TUV 1×4.0mm ²	Length 900mm or Customized Length

Figure 81 : Caractéristiques mécaniques du panneau.

- L'onduleur

Un onduleur ou le convertisseur statique, le rôle principal est la conversion DC/AC du courant produit par la centrale en courant alternatif pour la consommation et le fonctionnement de la charge en AC, le choix est de la marque Solax Power(X3.10.0.T) avec une puissance de 10KW.



Figure 82 : Le model Solax Power (X3.10.0.T).

X3-10.0-T	
INPUT (DC)	
Max.PV array power [Wp]	12000
Max.DC voltage [V]	1000
Nominal DC operating voltage [V]	600
Max.input current [A]	1101
Max.short circuit current [A]	1474
MPPT voltage range [V]	160-900
Start operating voltage [V]	180
No. of MPPT trackers	2
Strings per MPPT tracker	1
OUTPUT AC	
Nominal AC power [kW]	10000
Max. AC power [W]	10000
Nominal grid voltage(AC voltage range) [V]	N/PE, 3/PE, 230/400/310-480
Nominal grid frequency(range) [Hz]	50/60, ±5
Nominal AC current [A]	14,5
Max. AC current [A]	16,0
Displacement power factor	0,9(leading-0,8lagging)

Figure 83 : Les caractéristiques de l'onduleur.

- Le câblage

Pour les fils, les mêmes mesures du premier système et les normes ont été prises, selon l'expérience de l'équipe technique et la qualité du produit.



Figure 84 : Résultat de l'installation PV (2 * 18).



Figure 85 : la centrale photovoltaïque finie (2 * 18).

Nous ajoutons un capteur de lumière au projet comme le montre la **figure 82**.



Figure 86 : Le capteur de lumière.



Figure 87 : L'installation de la prise de terre dans le châssis.

Après l'installation, nous obtenons 5 fils comme indiqué sur **la figure 84**. Fils rouges et noirs à la suite de la connexion des panneaux sur deux groupes. Le jaune pour la prise de terre et le gris pour la transmission de données.



Figure 88 : Les câbles sortant du central.

L'étape suivante consiste à connecter les câbles à l'onduleur, comme on peut le voir sur la **figure 89**.



Figure 89 : La connexion avec l'onduleur.



Figure 90 : l'armoire de protection DC /AC.

Armoire métallique (700/500/200)

Bornie de raccordement (14 pièces)

Partie AC :

Sectionneur FAH-63 4p 63A

Disjoncteur FE7-63 4p 63A/MCB

Parafoudre Fsp-A80 4p 20. 40 KA SPD

Partie DC :

Parafoudre Fsp-D40 3p 100 VDC SPD

Disjoncteur Fpv-63 2p 40A 550VDC MCB

On utilise un smart mètre pour la limitation de l'injection au réseau, On le place à droite de l'onduleur comme la **figure 91** montre.



Figure 91 : couplage de l'onduleur et le smart mètre (le câble blanc RS485).

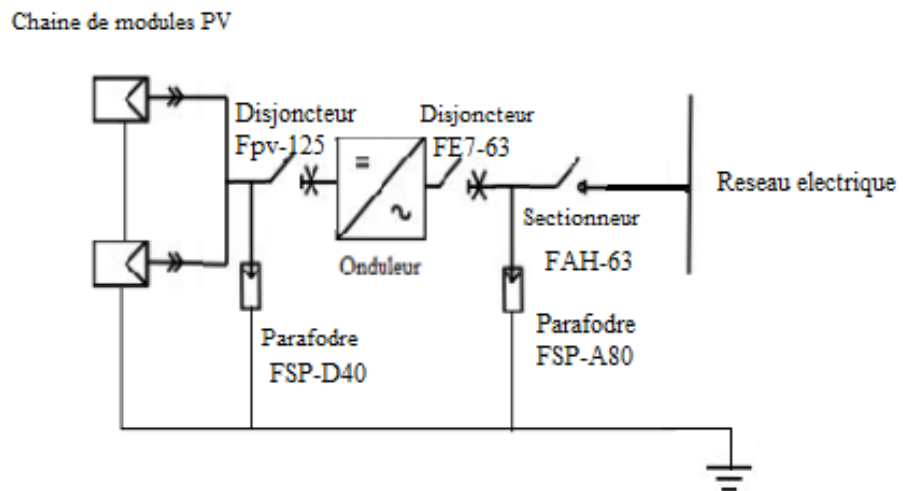


Figure 92 : Schéma de protection du système

Sur la droite de la **figure 93**, nous raccordons le câble final, C'est le courant qui doit être obtenu du système, c'est-à-dire le courant alternatif. Nous avons également ajouté une fonctionnalité pour transférer les informations du système via une clé Wifi qui apparaît sur la figure.



Figure 93 : le montage final du système.

4.5 Potentiel énergétique du projet

Potentiel énergétique

La première étape après la réalisation est la vérification de l'efficacité des deux installations. La méthode consiste à mesurer les valeurs du rayonnement solaire, la température ambiante extérieure et l'énergie produite par le système et la consommation du bloc durant une période au le mois de juin 2022.

Les mesures du rayonnement solaire ont été prises avec un pyranomètre connecté au lecteur d'informations (voir la **figure 94**), la température a été mesurée avec un capteur de température

La production et la consommation ont été mesurées avec l'onduleur intelligent (voir la **figure 95**) pour le système on-grid. Une application Android connectée avec le régulateur de charge intelligent est utilisée (du fabricant victron) pour le système off-grid.

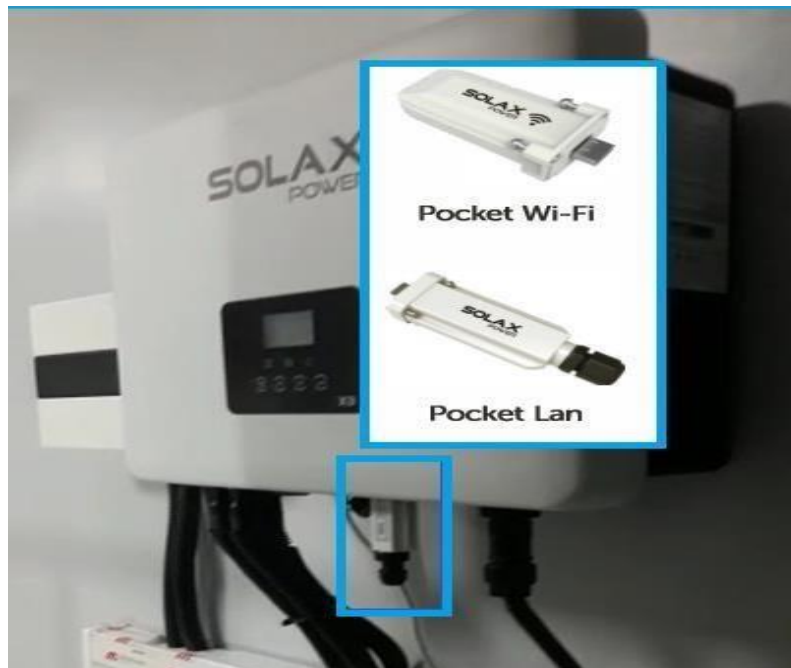


Figure 94 : La Pocket wifi Solax pour la transmission de données.



Figure 95 : lecteur de données.

Les mesures ont été effectuées 3 fois par jour (9h, 12h, 16h). Le tableau 8 illustre les valeurs des mesures prises durant une semaine.

Tableau 9: les valeurs des mesures prises durant une semaine.

Heure (h)	L'éclaircissement (KW/m ²)						Température (Degré)						On-grid			Off-grid		
	L'éclaircissement (KW/m ²)			Température (Degré)			Production du système (KW)			Consommation du système (KW)			Production du système (KW)					
	9	12	16	9	12	16	9	12	16	9	12	16	9	12	16			
1ere jour	5	7,1	6,2	28	41	35	7,1	10,1	8,8	5,3	5,1	3,8	1,4	2,05	1,8			
2 ^{eme} jour	4,6	6,6	5,7	26	38	33	6,6	9,4	8,2	5,7	5	4,1	1,3	1,90	1,7			
3 ^{eme} jour	5,9	8,6	7,1	33	49	44	8,4	12	10,1	5,4	5,1	3,8	1,5	2,4	2,1			
4 ^{eme} jour	6	8,5	7,5	31	48	42	8,6	12	10,4	6,1	5,8	4,3	1,7	2,42	2,1			
5 ^{eme} jour	5,8	8,4	7,3	33	46	43	8,4	11,9	10,2	5,5	5,2	3,9	1,6	2,43	2,2			

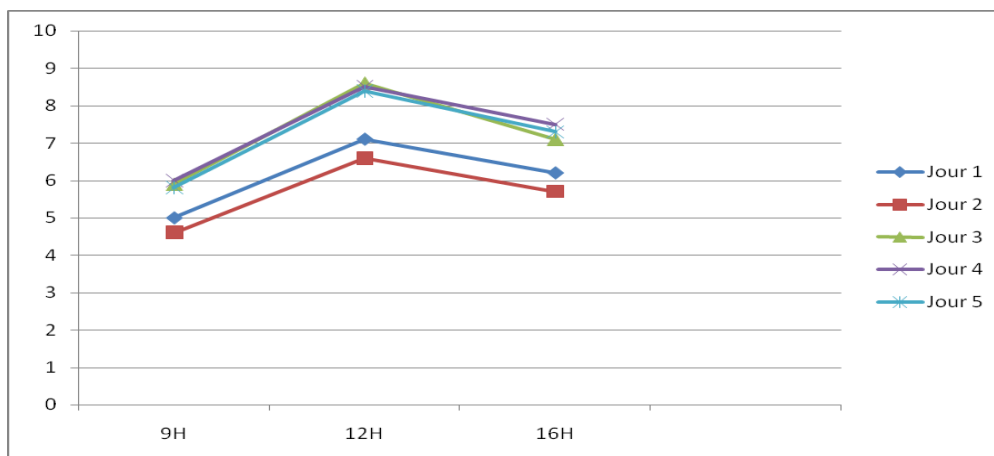


Figure 96: L'évolution du rayonnement solaire (KWh/m²) en fonction du temps au cours des trois phases de la journée .

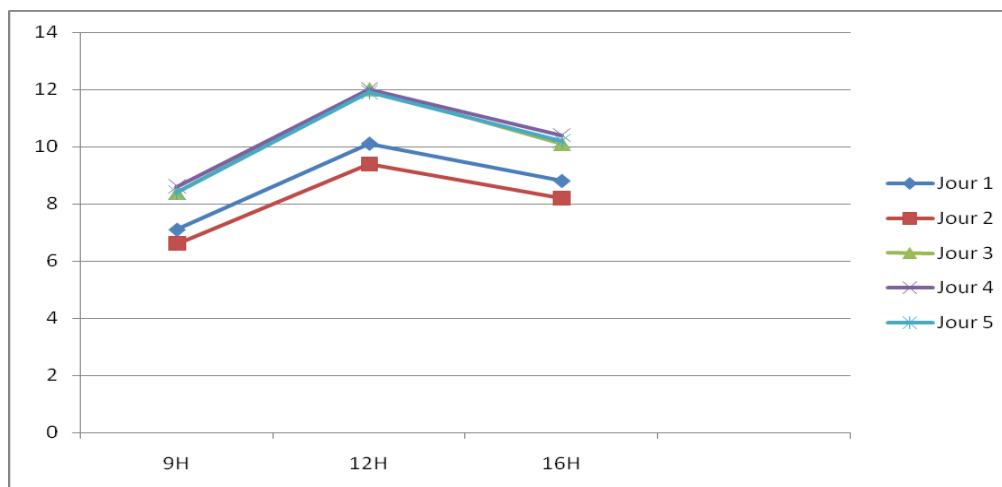


Figure 97: L'évolution de la production solaire (On-grid) en fonction du temps au cours des trois phases de la journée (en KW).

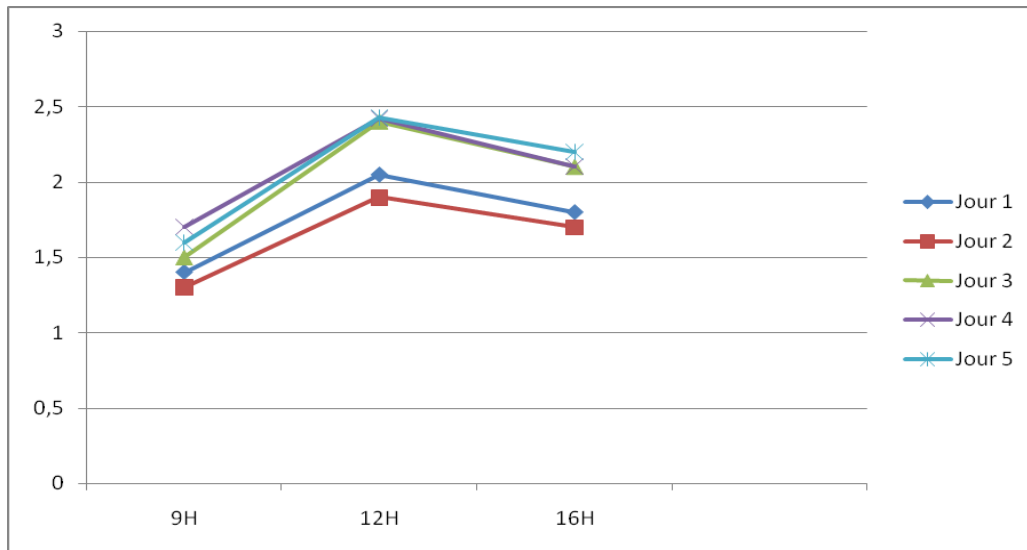


Figure 98 : L'évolution de la production solaire (Off-grid) en fonction du temps au cours des trois phases de la journée (en KW).

D'après les résultats obtenus, le rendement énergétique est en effet directement proportionnel au rayonnement solaire des deux systèmes. La production suit l'allure de l'éclairage. La production d'énergie maximale obtenue est à l'heure de pointe lorsque les panneaux sont face au soleil (Azimut = 0°).

On voit que la consommation est très faible par rapport à la production, Il y a un surplus d'énergie dû au fait que le centre médical n'est pas encore entré en service.

Analyse et simulation des systèmes :

Système Off-grid

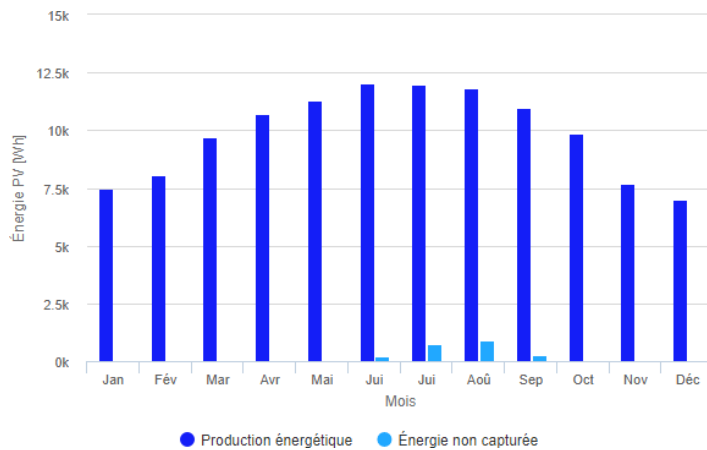


Figure 99 : Production estimée pour le système PV Off-grid (PV fixe).

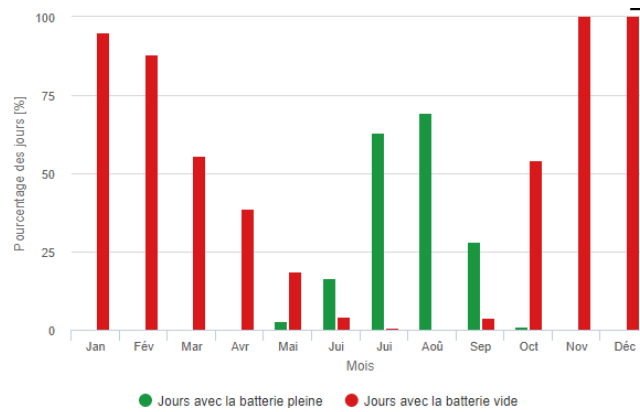


Figure 100 : Performance de la batterie du système PV hors-réseau (PV fixe).

La production d'énergie prend son maximum de mai à septembre (**figure 99**) provoque l'effet de rayonnement qui est maximum dans cette période (période estivale) ce qui signifie que le système répond aux besoins énergétiques de notre établissement, ce qui se traduit par une moindre utilisation des batteries (voir la **figure 100**).

Système On-grid

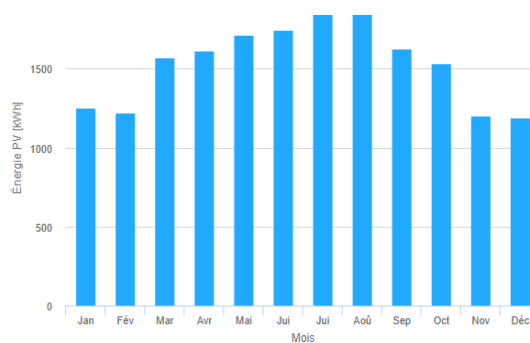


Figure 101 : La production énergétique mensuelle du système (PV GIS).

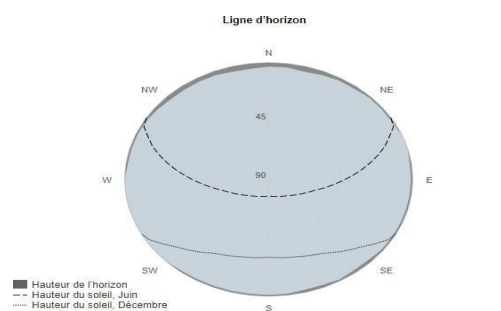


Figure 102 : Ligne d'horizon du système (PV GIS)

La puissance de sortie est toujours à son maximum pendant la période estivale (**figure 101**) mais à des valeurs plus élevées que dans le système hors réseau en raison de la taille différente de l'installation.

4.6 Etude techno-économique du projet :

Le Coût total du projet :

Tableau 10 : Le coût total du projet

L'équipement	La quantité	Le Prix unitaire (DA)	Le Montant (DA)
Module JKM330M-60	36	18000	648000
Onduleur X3.10.0.T	1	240000	240000
Câble H1Z2Z2-K 6mm ²	4	330	1320
Câble H1Z2Z2-K 16mm ²	4	880	3520
Module IF-P285-60	9	19100	171900
Batterie OPzS500	48	25600	1228800
Régulateur MPPT 150/45- TR	1	50000	50000
Convertisseur MultiPlus-II	1	135400	135400
L'armoire de sécurité	1	50000	50000
La main d'œuvre	1	30000	30000
Supports du module	45	1000	45000
		Total	2603940

La Rentabilité du projet :

La rentabilité du projet est définie comme suit :

$$IR = \frac{\text{les sommes economisees durant la durée de vie de cette instalattion}}{\text{le cout total de l'instalation}} \quad (14)$$

Ou l'indice de rentabilité des projets est défini comme suit :

Si $IR \geq 1$, il est rentable,

Si $IR < 1$, il n'est pas rentable

La production journalière de deux systèmes est estimée à 23.660 kWh, soit environ 8 635.9 kWh par an. Comme la durée de vie de l'installation est estimée à 20 ans, ainsi, la production durant cette période devient alors à 172718 kWh.

En l'an 2021 le prix du KWh en Algérie (SONELGAZ) est de 5,43DA/KWh.[32].

On a :

$$172718 * 5,43 = 937858.74DA$$

$$IR = \frac{937858.74}{2603940} = 0.36$$

Par conséquent, le projet n'est pas rentable pour une période de garantie de 20 ans, cela est dû au fait que le prix de l'électricité est subventionné par l'État.

La durée d'amortissement de l'installation :

La durée d'amortissement de l'installation est donnée par la formule suivante :

$$DA = \frac{\text{Le cout global du projet}}{\text{Le prix de la facture de sonalgaz par an}} \quad (15)$$

- **Le prix de la facture de Sonelgaz par an**

La consommation annuelle est de 8 635,9 KWh par an, donc la facture en fin d'année devrait être de 46892.94 DA. Le montant du projet est de : 2603940 DA

$$DA = \frac{2603940}{46892.94} = 55.52 \text{ Ans}$$

Le prix de Kilowattheure Solaire :

$$\text{Le prix de KWh Solaire} = \frac{\text{Le cout total du projet}}{\text{La production electrique durant la garantie du projet}} \quad (16)$$

$$\text{KWh Solaire} = \frac{2603940}{172718} = 15.07 \text{ DA}$$

Le KWh Solaire égale à : 15.07 DA

4.6 Conclusion :

Après le dimensionnement des deux systèmes (on-grid, off-grid) de deux manières complémentaires ; avec la méthode classique et du logiciel PVsyst. Nous avons trouvé les équipements nécessaires qui assurent le fonctionnement des deux systèmes pour les 20 prochaines années. Après la réalisation nous confirmons la fiabilité du projet qui répond aux besoins de la charge.

Conclusion Générale

Conclusion générale

L'objectif général de notre étude est de produire de l'énergie électrique dans un centre de santé du GROUPE SOPREC à partir de l'énergie solaire à l'aide de deux installations de systèmes photovoltaïques connectées au réseau et l'autre hors réseau

Dans la première partie, nous avons évoqué la situation actuelle de l'énergie solaire en Algérie, en particulier. Nous avons également abordé les différentes installations photovoltaïques actuellement utilisées, leurs applications, et les principaux composants qui sont utilisés pour les réaliser.

Afin de réaliser l'installation d'un système photovoltaïque solaire, un dimensionnement est nécessaire. Nous avons donc expliqué les deux méthodes complémentaires, pour obtenir une conception précise, sur laquelle nous nous sommes appuyés dans la réalisation du projet.

À la fin nous avons atteint l'objectif principal, qui est l'alimentation électrique à l'aide d'énergie verte, du centre de santé situé dans la ville de Chleff

Après cela, nous avons étudié la rentabilité du projet. Il existe plusieurs facteurs qui interviennent dans la réalisation du projet de l'énergie solaire. En revanche, le principal inconvénient reste la subvention de l'Etat qui rend ce genre de projet non compétitif au prix de l'électricité.

Références

Références

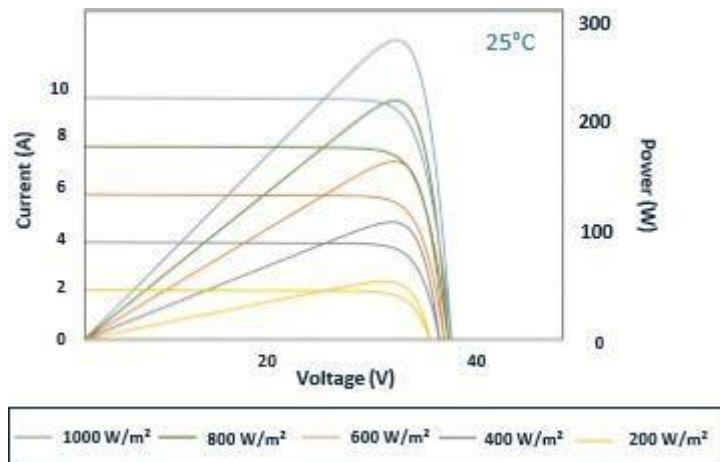
- [1] Zéro émission nette [site web]. Consulté en février 2022 Disponible à l'adresse <https://www.un.org/>
- [2] Sandra Yaleko Kongo : Logistique de l'installation et de l'exploitation des énergies renouvelables en site isolé nordique. Thèse de doctorat, Université du Québec à Rimouski, 2016.
- [3] A. Zervos : REN 21. [Site web], consulté en juin 2022. Disponible à l'adresse : www.ren21.net.
- [4] Agence Internationale de l'Énergie. [Site web], consulté en février 2022. Disponible à l'adresse : www.iea.org.
- [5] J.-H. Guay : Perspective monde. [Site web], consulté en Juin 2022. Disponible à l'adresse : www.perspective.usherbrooke.ca.
- [6] Algérie 360. [Site web], consulté en mai 2020. Disponible à l'adresse : www.algerie360.com.
- [7] Ministère de l'Énergie Algérie. [Site web], consulté le : juin 2022. Disponible à l'adresse : <https://www.energy.gov.dz/article=le-ministre-de-lenergie-a-lrassemblee-populaire-nationale>.
- [8] Fares, T., Djeddi, A., & Nouioua, N. (2019). Solar energy in Algeria between exploitation policies and export potential. Proceedings - 2019 1st International Conference on Sustainable Renewable Energy Systems and Applications, Tebessa, 04-05/12/2019 [site web]. Tebessa: ICSRESA 2019.ISBN consulté en janvier 2022. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.1109/ICSRESA49121.2019.9182306>
- [9] Abdelkader, H., Abbas, M., Colak, I., & Kayisli, K. (2019). Information Systems and Renewable Energy in Algeria. Proceedings of Algerian Large Electrical Network Conference, Algiers, 26.28/02/2019 [en ligne]. Algiers: CAGRE 2019.ISBN, Consulté avril 2022 .Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.1109/CAGRE.2019.8713317>
- [10] Energy Information Administration [site web]. consulté en février 2022. Disponible à l'adresse: <https://www.eia.gov/energyexplained/hydropower/>
- [11] Guide de recommandations à destination des maîtres d'ouvrage « systèmes photovoltaïques raccordés au réseau », 2015. [site web]. consulté en février 2022. www.ademefr.
- [12] Gérard Moine. Électricité solaire photovoltaïque Principes. 1983.
- [13] Installations photovoltaïques autonomes non raccordées au réseau public de distribution avec stockage par batterie.
- [14] Systèmes hybrides pv. diesel sans stockage SMA www.sma-france.com.
- [15] Guide du photovoltaïque, 2012. WWW.dgs-berlin.de.
- [16] Guide du photovoltaïque partout. Solarpraxis www.solarpraxis.com.
- [17] <http://www.directindustry.es/prod/vhf-technologies/modulos-fotovoltaicos-desilicio-amorfosobre-chapaflexible-54798-712351.html>.
- [18] Libro de ingeniería sin fronteras.
- [19] Systèmes sites isolés et systèmes de secours VictronEnergy www.victronenergy.fr.
- [20] Documentation technique Steca www.steca.fr.

Références

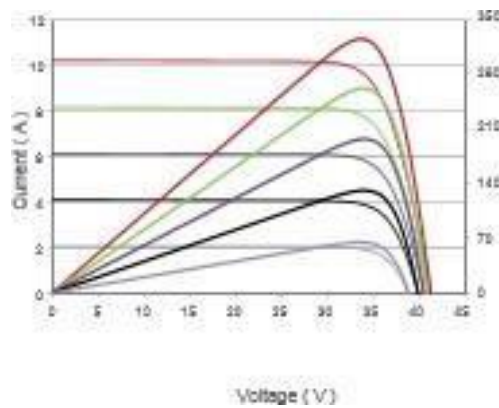
- [21] BOULHARES Khadidja, TRAKET Chahira. Etude Pratique et Dimensionnement d'un Système d' Eclairage Public Photovoltaïque Autonome Cas d'étude. Mémoire: physique énergétique et énergie renouvelables. Adrar: Université Ahmed Draïa, 2018. 79 p
- [22] Jasuan, A., Nawawi, Z., & Samaulah, H. (2019). Comparative Analysis of Applications Off-Grid PV System and On-Grid PV System for Households in Indonesia. Proceedings of 2018 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science, ICECOS 2018, 253– 258. <https://doi.org/10.1109/ICECOS.2018.8605263>
- [23] DJILAT Zahra, BOURASSarra. Méthodes de dimensionnement d'un système photovoltaïque, application à la région de M'sila. Mémoire: Physique Énergétique et Energies Renouvelables. M'sila: Université Mohamed Boudiaf, 2019. 51 p
- [24] Laura Pérez Amigó. Solar. Potential Assessment: Comparison using lidar data and PVsyst. Thesis: Energy Systems. Gavle, 2016. 64 p
- [25] Photovoltaic Geographical Information System [site web]. consulté en mai 2022. Disponible à l'adresse: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
- [26] Rafik BELABED. Etude et dimensionnement d'une installation photovoltaïque, mémoire: Énergétique. Tizi-Ouzou: Université Mouloud Mammeri, 2017. 98 p
- [27] KugaElectrical [site web]. consulté en avril 2022. Disponible à l'adresse: <https://www.13kuga.com.au/solar-panel-orientation-vs-production/>
- [28] Ali, W ; Farooq, H ; Rehman, A. U ; Awais, Q; Jamil, M ; & Noman, A. (2019). Design considerations of stand-alone solar photovoltaic systems. 2018 International Conference on Computing, Electronic and Electrical Engineering, ICE Cube 2018, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICECUBE.2018.8610970>
- [29] Green Sarawak [site web]. consulté en mai 2022. Disponible à l'adresse <https://greensarawak.com/things-to-know-before-going-solar/going-solar-chapter-5-know-yoursun-hours/>
- [30] Shrestha, A., Singh, A. (2016). Manual for Solar Technician. 2018 International Conference on Computing, Electronic and Electrical Engineering, ICE Cube 2015, 57–64. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2161.0962>
- [31] PVsyst Help [en ligne]. consulté en mai 2022. Disponible à l'adresse <https://www.pvsyst.com/help/>
- [32] Le tarif moyen appliqué au citoyen [site web]. consulté en juin 2022 Disponible à l'adresse <https://www.aps.dz/economie/117852-electricite-le-tarif-moyen-applique-au-citoyen-inferieur-au-cout-reel> [

Annexes

Annexes



Courbes : courant-tension/puissance-tension (IF-P285-60)



Courbes : courant-tension/puissance-tension (JKM330M-60)

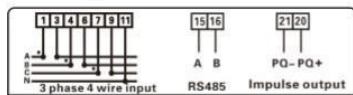


Figure 1 DTSU666-□series

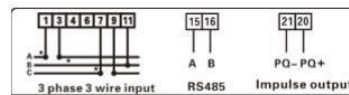


Figure 2 DSSU666-□series

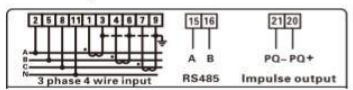


Figure 3 DTSU666-□series

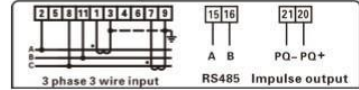


Figure 4 DSSU666-□series

Current signal wire

- 1-----L1*(phase L1 current input line)
- 4-----L2*(phase L2 current input line)
- 7-----L3*(phase L3 current input line)
- 3-----L1(phase L1 current output line)
- 6-----L2(phase L2 current output line)
- 9-----L3(phase L3 current output line)

Voltage signal wire

- 2-----L1(phase L1 voltage line)
- 8-----L3(phase L3 voltage line)
- 5-----L2(phase L2 voltage line)
- 11-----UN(Neutral line)

RS485 communication line

- 15-----A (RS485-A)
- 16-----B (RS485-B)

Energy pulse output line

- 20-----active ,reactive energy pulse +
- 21----- Energy pulse -

Figure : fiche technique smart mètre

Product Name	Pocket LAN 2.0
Supply Voltage	+3,3 V
Data upload intervals	5min
Ethernet	10/100M
Weight	54g
Dimension	123*29*42mm
Degree of protection	IP 65



Feature

- Quick installation with 'Plug & Play' function
- IP 65 dust prevention water proofing design
- Stable data transmission and good reliability
- Eco-green and modern design

Figure : La Pocket wifi et Lan