



**CARACTERISATION ET OPTIMISATION DE LA
CONSOMMATION D'UN SYSTEME SOLAIRE
PHOTOVOLTAIQUE COUPLE AU RESEAU A USAGE
DOMESTIQUE**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC
GRADE DE
MASTER EN GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE**

Présenté et soutenu publiquement le 23 janvier 2023 par :

ABOUBAKAR Djimé

Travaux dirigés par :

Dr. Yrénégnan Moussa SORO, Chef de Département Génie Electrique, Energétique et Industriel au 2iE

M. SEBEGO T. Ange Hubert, Directeur Général de TSST

Jury d'évaluation :

Président :

Dr. K. Edem N'TSOUKPOE

Membres et correcteurs :

Dr. Hector TETE

Ing. Kodjo Sédi AKBOKOU

Promotion [2014/2015]

Remerciements

Je tiens à remercier ici tous ceux qui ont contribué positivement à rendre mon stage intéressant et formateur.

En premier lieu, mes remerciements vont à mon encadreur Pr. **Moussa SORO**, Chef de Département Génie Electrique, Energétique et Industriel au 2iE, particulièrement par sa volonté, son encadrement, ses conseils et sa disponibilité tout au long de mon stage ;

Monsieur **Ange SEBEGO**, Directeur Général de Terra Satisfaction Solar Technology pour m'avoir accepté dans son entreprise et devenir mon maître de stage, ainsi que ses expressions et orientations, ont contribué à la réussite de mon travail et l'amélioration de mes connaissances.

A tous mes parents et amis par leurs divers soutiens ;

Je terminerais par tous les enseignants de 2iE, employés et stagiaires de de la société Terra Satisfaction Solar Technology et condisciples qui, par leurs bonnes volontés et humeurs ont rendu mon stage agréable et constructif.

Dédicaces

Je dédie ce rapport à tous ceux qui, par leur sacrifice et amour, ont contribué de près à mon encadrement tout au long de mon parcours, en particulier à mes défunts parents géniteurs pour leur soutien dans tous les domaines.

« Paix à vos âmes et que Dieu vous accorde le Paradis ! »

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des modules.....	22
Tableau 2 : Composition du champ photovoltaïque	23
Tableau 3 : Composition des batteries.....	23
Tableau 4 : Récapitulatif des dispositifs installés.....	23
Tableau 5 : Liste des équipements installés avec leurs puissances	26
Tableau 6 : Bilan de puissance du bâtiment	27
Tableau 7 : Relevés de la consommation d'énergie sur le réseau SONABEL	28
Tableau 8 : Variation de la consommation d'énergie en fonction du temps	28
Tableau 9 : Relevés de la consommation d'énergie sur le compteur solaire N°1	29
Tableau 10 : Relevés de la consommation d'énergie sur le compteur solaire N°2	30
Tableau 11 : Relation entre la latitude et l'inclinaison des panneaux	31
Tableau 12 : Tension du générateur en fonction de la puissance	33
Tableau 13 : Résultats du redimensionnement	39
Tableau 14 : Devis estimatif de la réfection	43

Liste de figures

Figure 1: Système photovoltaïque autonome	11
Figure 2 : Système photovoltaïque hybride	12
Figure 3 : Architecture électrique d'un système photovoltaïque connecté au réseau de distribution	13
Figure 4 : Photo de l'immeuble vu de face.....	21
Figure 5 : Dispositifs installés (panneaux : 1-2, batteries : 3, Convertisseur : 4, régulateurs : 5-6).....	22
Figure 6 : Synoptique du système existant	25
Figure 8 : Solarimètre (1), Multimètre numérique (2) et thermocouple (3)	27
Figure 9: Consommation de l'énergie électrique	30
Figure 10: Variation de la température sur des cellules et du convertisseur	40
Figure 11 : Schéma d'une proposition de configuration.....	42
Figure 12 : Variation du rendement en fonction de la température et du rayonnement	58
Figure 13 : La caractéristique P – V et la trajectoire du PPM	59

Liste des abréviations

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

AC/DC : Alternative Current / Direct Current (Courant Alternatif / Courant Continu)

COP21: 21th Conference Of the Parties (21^e Conférence des parties)

IAM : Incidence Angle Modifier (Modificateur d'Angle d'Incidence)

IEA-PVPS : International Energy Agency-Photovoltaic Program System (Agence Internationale de l'Energie-Programme des Systèmes de Puissance Photovoltaïque)

LESEE : Laboratoire d'Energie solaire et Economie d'Energie

MPPT : Maximum Power Point Tracking (Suiveur de Point de Puissance Maximal)

PV : Photovoltaïque

SAPV : Stand-Alone Photovoltaic system (Systèmes photovoltaïques autonomes)

SEH : Système d'Energies Hybrides

SHS : Solar Home System (Système Solaire pour l'Habitation)

SONABEL : Société Nationale Burkinabé d'Electricité

TSST : Terra Satisfaction Solar Technology

Résumé

La raréfaction des ressources fossiles et l'augmentation de la demande énergétique font que le monde se tourne vers les énergies renouvelables tels que le solaire, l'éolienne, l'hydraulique... Parmi ces énergies, l'énergie solaire photovoltaïque est celle dont l'électricité est produite par des modules photovoltaïques. Le problème capital de ces modules est celui de leur fonctionnement optimal.

Notre travail porte sur la caractérisation et l'optimisation de la consommation d'un système solaire photovoltaïque couplé au réseau à usage domestique dans un immeuble R+2 situé à Bendogo dans la ville de Ouagadougou. Sur cet immeuble, sont connectées deux sources d'alimentations électriques : le système solaire photovoltaïque et le réseau de la SONABEL (Société Nationale d'Electricité du Burkina). Par ailleurs, le système solaire n'arrive pas à prendre en charge l'ensemble du bâtiment.

Ainsi, l'objectif de ce mémoire est de recueillir et d'analyser les données de l'ensemble du système. Les résultats de ces données nous ont montré que le système solaire, muni de deux régulateurs, deux convertisseurs de 5 kVA chacun et des batteries, nécessite un redimensionnement afin de subvenir aux besoins du ménage.

Les résultats du nouveau dimensionnement ont révélé des manquements à compenser, particulièrement au niveau de l'onduleur qui devrait avoir une puissance supérieure à celle installée, de 10,44 kVA, du courant nominal du régulateur qui doit passer de 120 A à un courant supérieur ou égal à 130,06 A et des dispositifs de stockage, notamment une ajouter au parc 8 batteries supplémentaires de 12 V/ 200 Ah pour assurer une autonomie d'un jour.

Comme solution, une recommandation est faite pour améliorer le système afin de subvenir aux besoins complets en électricité de ce bâtiment. Il s'agit pour cela d'effectuer un réajustement soit en renforçant le système par le remplacement (ou un ajout) des onduleurs, soit chercher à bien équilibrer les charges sur les existants et renforcer le dispositif de stockage.

Mots clés : Système photovoltaïque, Couplage réseau, Caractérisation, Dimensionnement, Optimisation.

Abstract

The scarcity of the fossil resources and the increase in energy demand make that the world to turn to renewable energies such as the solar, the wind, hydraulic... Among these energies, photovoltaic solar energy including electricity is produced by photovoltaic panels. The main problem of these panels is that their optimal operation.

Our work focuses on the characterization and the optimization of the consumption of a photovoltaic solar system coupled to the network for domestic use in a 3-storey building located in Bendogo in the city of Ouagadougou. Two sources of power supply are connected to this building: the photovoltaic solar system and the SONABEL (National Company of Electricity of Burkina) Network. Furthermore, the solar system cannot support the entire building.

Thus, the objective of this memory is to collect and analyse data from the entire system. The results of these data showed us that the solar system, equipped with two regulators including a classic and an MPPT, two converters of 5 kVA each one and batteries, requires resizing in order to meet the needs of the household.

The results of the new sizing revealed shortcomings to be compensated, particularly at the level of the inverter which should have a power greater than that installed (greater than or equal 10,44 kVA), the nominal current at the regulator which must go from 120 A to a current greater than or equal to 130,06 A and storage devices, including an increase of 8 additional batteries of 12 V/ 200 Ah to ensure autonomy for one day.

As solution, a recommendation is made to improve the system to meet the complete electricity needs of this building. This involves carrying out a readjustment either by strengthening the system with the emplacement or addition of the inverters, or seeking to properly balance the loads on the exists ones and strengthening the storage system.

Keywords: Photovoltaic system, Network Coupling, Characterization, Sizing, Optimization.

Sommaire

Remerciements	i
Dédicaces.....	ii
Liste des tableaux.....	iii
Liste de figures	iv
Liste des abréviations.....	v
Résumé.....	vi
Abstract.....	vii
INTRODUCTION GENERALE	3
1. Contexte :.....	4
2. Problématique :.....	5
3. Objectifs du stage :.....	5
4. Présentation de la Structure d'accueil	5
<u>CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES SYSTEMES COUPLES AU RESEAU</u>	7
Introduction.....	8
I. La production de l'électricité par le système solaire photovoltaïque	8
II. Différents types de systèmes photovoltaïques	9
1. Systèmes photovoltaïques non connectés au réseau	9
1.1. Systèmes photovoltaïques autonomes (SAPV).....	10
1.2. Systèmes photovoltaïques autonomes hybrides.....	11
2. Systèmes photovoltaïques connectés au réseau	12
2.1. Influence des systèmes photovoltaïques sur le réseau de distribution.....	14
2.2. Influence du réseau de distribution sur le fonctionnement des installations photovoltaïques.....	14
2.3. Interconnexion d'une source d'énergie renouvelable au réseau électrique .	14
III. Conséquences et conditions optimales d'une installation photovoltaïque	15
1. Avantages et inconvénients d'une installation PV	15
2. Influence des grandeurs sur le rendement.....	16
2.1. Influence de la température	16
2.2. Influence de l'éclairement	17
3. Conditions optimales.....	18
Conclusion.....	18
CHAPITRE II : ETUDE DU SYSTEME EXISTANT	19
Introduction.....	20
I. Description du système existant.....	20

Caractérisation et optimisation de la consommation d'un système solaire photovoltaïque couplé au réseau à usage domestique

1. Dispositifs installés pour l'alimentation système solaire	21
2. Historique du système.....	24
3. Besoins du client	24
4. Principe de fonctionnement du système.....	24
5. Charge du bâtiment	25
6. Défauts de l'installation	26
I. Méthodologie d'étude du système.....	27
1. Matériels utilisés.....	27
2. Méthode d'étude.....	27
2.1. Bilan de puissance	27
2.2. Evolution de la consommation du ménage.....	28
2.3. Redimensionnement du système	31
Conclusion.....	36
CHAPITRE III : OPTIMISATION DU SYSTEME	37
Introduction.....	38
I. Résultats et analyses.....	38
1. Résultats du redimensionnement.....	38
<i>Tableau 13 : Résultats du redimensionnement</i>	39
2. Evolution et Influence de la température.....	39
II. Solutions/recommandations	41
III. Etude économique	42
Conclusion.....	43
CONCLUSION :	45
Bibliographie	46

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte :

La majeure partie de l'énergie consommée actuellement provient de l'utilisation des combustibles fossiles comme le charbon, le gaz naturel ou encore l'énergie nucléaire et surtout le pétrole. Ces ressources se raréfient alors que les demandes énergétiques du monde ne cessent de croître. Les estimations montrent que les réserves mondiales seront épuisées vers 2030 si la consommation n'est pas radicalement modifiée, et au maximum vers 2100 si des efforts sont produits sur la production et la consommation, d'où l'indispensabilité de faire recours à des sources inépuisables, beaucoup plus économiques et peu polluantes [1].

A ce sujet, les énergies renouvelables telles que l'énergie solaire photovoltaïque, l'éolienne ou l'hydraulique, apparaissent comme des énergies inépuisables et facilement exploitables. Ils offrent la possibilité de produire de l'électricité dans une moindre dépendance des ressources car, si l'on prend l'exemple du soleil, une surface de 145 000 km² (4% de la surface des déserts arides) de panneaux photovoltaïques (PV) suffirait à couvrir la totalité des besoins énergétiques mondiaux [2].

Par ailleurs, l'excès d'utilisation d'un mode de production accentue fortement l'effet nuisible qui lui est associé, ce qui reflète les perturbations dues à la production d'électricité. Il est donc évident de passer à la solution des diversifications qui est une voie à promouvoir pour contribuer à la politique de développement durable.

C'est pourquoi, le système de production associé à une part croissante de dispositifs de production décentralisés, semble représenter une réponse raisonnable à cette exigence. Parmi ces systèmes, les plus promoteurs pour l'utilisation des énergies renouvelables, il y a les Systèmes Photovoltaïques Couplés au Réseau.

Dans ce contexte, le travail présenté dans notre mémoire est une contribution à l'amélioration d'un système solaire photovoltaïque couplé au réseau de la SONABEL déjà existant et ce, en vue de son optimisation.

En ce qui concerne la caractérisation et l'optimisation des panneaux, de nombreux chercheurs se sont attachés à inventer des systèmes permettant de récupérer toujours le maximum d'énergie : c'est le principe nommé Maximum Power Point Tracking (MPPT).

2. Problématique :

Au regard du contexte énoncé ci-haut, les problématiques qui en ressortent sont les suivantes :

- L'insatisfaction des besoins du ménage par le système ;
- Le manque de la maîtrise du système et de la consommation par le ménage ;
- La grandeur du système et le manque de manuel pour son exploitation.

En effet, le système, particulièrement celui du photovoltaïque, n'arrive pas à subvenir à l'ensemble des besoins du ménage en cas de délestage. Les charges étant réparties en deux catégories : les éclairages et les autres charges (climatisation, prises...), seuls les éclairages sont alimentés par ce système lors de cette coupure d'électricité.

En ce qui concerne la grandeur du système et son manque de maîtrise, 28 modules de 300 Wc sont installés pour la production afin d'alimenter un nombre important d'équipements installés dans le bâtiment, mais aucun suivi ne se fait, ceux qui y habitent manquant d'informations pour le bon fonctionnement et apporter les réponses adéquates aux problèmes qui surviennent.

3. Objectifs du stage :

Objectif global : le présent travail a pour but de recueillir et analyser les données de l'ensemble du système afin de proposer une configuration qui fonctionne correctement.

Objectifs spécifiques :

- Analyser le système ;
- Faire un bilan de puissance électrique ;
- Evaluer tous les défauts ;
- Tirer un plan de gestion et de la consommation de la production solaire

4. Présentation de la Structure d'accueil

Le présent stage s'est déroulé dans l'entreprise Terra Satisfaction Solar Technology (TSST). Cette entreprise a pour objectif de contribuer à l'accès des populations burkinabè aux ressources énergétiques, en particulier au solaire.

Dirigée par Monsieur Ange SEBOGO, TSST est composée de : 01 ingénieur en électromécanique, 01 ingénieur en énergie, 01 ingénieur en technologies solaires

appliqués, 01 ingénieur des travaux en systèmes électriques, 03 techniciens en électricité et 06 ouvriers qualifiés.

Implantée au Burkina Faso depuis 2012 au quartier Tanghin au Secteur 37 BangPoreé, à environ 300 m de l'entreprise TEA, la société Terra Satisfaction est une entreprise spécialisée dans le domaine de l'énergie (voir Annexe 5 pour l'identité complète de l'entreprise et les domaines) et de l'eau avec comme principaux domaines d'intervention :

- L'énergie solaire photovoltaïque et la thermique ;
- L'Eau/Environnement/Assainissement/Energie ;
- Les systèmes électriques.

CHAPITRE I :
GENERALITES SUR LES SYSTEMES
COUPLES AU RESEAU

Introduction

La consommation énergétique mondiale augmente sans cesse, associée à une diminution des ressources énergétiques fossiles. La solution la plus probable reste celle recourant au système solaire photovoltaïque. Par ailleurs, il existe deux formes d'utilisation de l'énergie solaire. On distingue principalement une utilisation active et une autre passive.

L'utilisation de l'énergie passive concerne les solutions architecturales en vue d'économiser la chaleur grâce au rayonnement solaire. L'utilisation de l'énergie solaire active est partagée entre les applications thermiques et photovoltaïques.

Dans ce chapitre, on présente tout d'abord la production de l'électricité par le système solaire photovoltaïque.

Ensuite, nous passerons aux différents types de systèmes photovoltaïques : les installations autonomes et les systèmes autonomes hybrides puis les systèmes couplés au réseau.

Enfin, avant de conclure, nous relaterons les interactions entre le réseau de distribution et les systèmes PV ainsi que les conséquences et conditions optimales d'une installation photovoltaïque.

I. La production de l'électricité par le système solaire photovoltaïque

Pour la production d'électricité par le soleil, il y a normalement deux manières d'y parvenir : les systèmes (PV) photovoltaïques et les système thermiques solaires [3].

La puissance solaire rayonnée reçue par la terre (estimée à une moyenne annuelle), comprise dans un intervalle allant de 120 à 260 kW/m² (en fonction de la zone géographique considérée), offre un gisement d'énergie sans commune mesure [4].

Les systèmes basés sur la conversion d'énergie solaire par effet photovoltaïque connaissent actuellement une forte croissance au niveau mondial et devraient représenter une part importante du futur mix énergétique à l'horizon de quelques décennies. Pour des applications photovoltaïques dans les pays de l'IEA-PVPS (Agence internationale de l'énergie-programme des systèmes de puissance photovoltaïque), la capacité

photovoltaïque totale installée a été augmentée de plus de 31 fois (de 110 MW en 1992 jusqu'à 3500 MW en 2010) [4].

En raison de l'amélioration dans les matériaux semi-conducteurs à la base des cellules photovoltaïques, de la conception des dispositifs et la qualité du produit puis de l'expansion de la capacité productive, les charges financières des panneaux photovoltaïques ont été diminuées significativement. Cependant, l'énergie photovoltaïque est toujours habituellement plus chère que l'énergie disponible dans les réseaux de distribution publique [5].

Toutefois, il existe bon nombre d'applications pour lesquelles le système photovoltaïque est l'option à long terme la plus rentable, particulièrement dans les sites isolés, telles que les télécommunications à distance, l'éclairage.

II. Différents types de systèmes photovoltaïques

Plusieurs configurations de systèmes photovoltaïques (PV) existent actuellement dans le monde :

- Les systèmes photovoltaïques connectés au réseau (On-grid) où l'énergie photovoltaïque est injectée dans le réseau de distribution.
- Les systèmes photovoltaïques non connectés au réseau (Off-grid) sont employés lorsque le réseau de distribution est inexistant ou lorsque les coûts de connexion à ce réseau sont excessifs.
- Les systèmes photovoltaïques hybrides (mini-réseaux) où les sources de production photovoltaïques sont associées localement à des moyens de stockage, à d'éventuels autres moyens de production et à des consommateurs. A l'heure actuelle, ces mini-réseaux concernent seulement certaines zones isolées mais devraient à terme pouvoir être connectés au réseau principal de distribution et participer au renforcement de son l'énergie.

1. Systèmes photovoltaïques non connectés au réseau

D'une manière générale, on distingue deux types de systèmes photovoltaïques non connectés au réseau. Si l'énergie photovoltaïque est l'unique source d'énergie du système, on parlera de système autonome SAPV (Stand-Alone Photovoltaic system)

tandis que si une autre source de production est utilisée en appui de la production photovoltaïque, on parlera de système photovoltaïque hybride.

Les systèmes photovoltaïques non connectés au réseau sont principalement utilisés dans les zones où le réseau électrique est très peu dense en raison du coût de raccordement prohibitif. L'énergie produite est destinée à être consommée sur place.

L'électrification des sites isolés par systèmes photovoltaïques concerne l'habitat (Solar Home System : SHS) mais aussi les relais de télécommunication se trouvant éloignés des réseaux de distribution électrique. Bien que la part du marché photovoltaïque hors réseau soit actuellement faible, mais jusqu'à l'horizon 2030, plus de 3 milliards d'êtres humains pourraient être électrifiés par ce type de système [4]

1.1. Systèmes photovoltaïques autonomes (SAPV)

Conventionnellement, la seule source d'électricité de ce type de systèmes est d'origine photovoltaïque. Le schéma d'un tel système photovoltaïque est représenté sur la figure 2.

Compte tenu du manque de corrélation entre la production photovoltaïque et l'alimentation des charges du consommateur, un système de stockage est utilisé en tampon, celui-ci étant rechargé en cas de surplus de production et déchargé en cas de surconsommation. En raison de sa maturité technologique et de son faible coût d'investissement, le moyen de stockage universellement répandu pour de telles applications est du type électrochimique Plomb-Acide [6]. Cependant, de nouvelles technologies sont actuellement envisagées comme celles au Lithium.

Un tel système possède des performances qui sont directement liées à son dimensionnement car, un sous-dimensionnement a notamment pour conséquences un vieillissement prématuré du système de stockage ainsi qu'un accroissement des délestages de la consommation et de la production alors qu'un surdimensionnement peut conduire à un surcoût économique. Par ailleurs, ces deux cas de figure présentent des impacts sur les équipements installés.

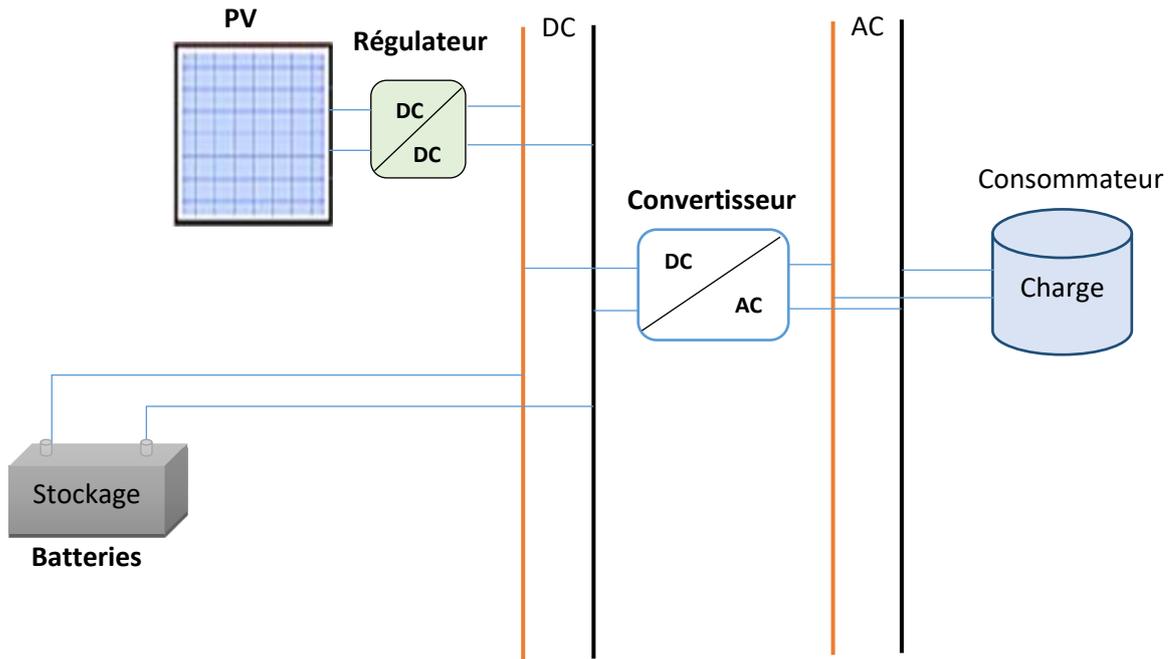


Figure 1: Système photovoltaïque autonome

1.2. Systèmes photovoltaïques autonomes hybrides

Dans ce type de système, un second producteur d'énergie (le plus souvent un Groupe Électrogène) est utilisé pour pallier les insuffisances de la production photovoltaïque. L'idée étant de faire appel à l'énergie de ce producteur lorsque le système n'est plus en mesure de subvenir aux besoins du consommateur et/ou que l'état de charge de l'accumulateur est trop faible. La figure 1 représente une architecture possible d'un système photovoltaïque autonome hybride.

Théoriquement, l'avantage de ce type de système est que le consommateur ne se trouve presque jamais en situation d'être délesté, le groupe électrogène assurant la fourniture d'énergie lorsque la production PV est insuffisante (sauf en cas de carence de carburant). Les coûts d'investissement des panneaux photovoltaïques et du système de stockage peuvent être minimisés ; en revanche, les coûts de fonctionnement principalement liés au prix du combustible du groupe électrogène sont plus importants que pour un système autonome non hybride.

Notons que d'autres types d'hybridations ont déjà été envisagés, parmi lesquels :

- Hybridation Photovoltaïque / Éolien [7-8] : Systèmes dans lesquels la complémentarité de production d'énergie d'origine photovoltaïque ou éolienne

est recherchée et permet notamment de réduire le coût global, en particulier les besoins en stockage.

- Hybridation Photovoltaïque / Pile à Combustible [9] : Systèmes dans lesquels une pile à combustible associée à un réservoir d'hydrogène et à un électrolyseur permet de stocker le surplus d'énergie photovoltaïque produite en évitant le surdimensionnement de l'accumulateur électrochimique.

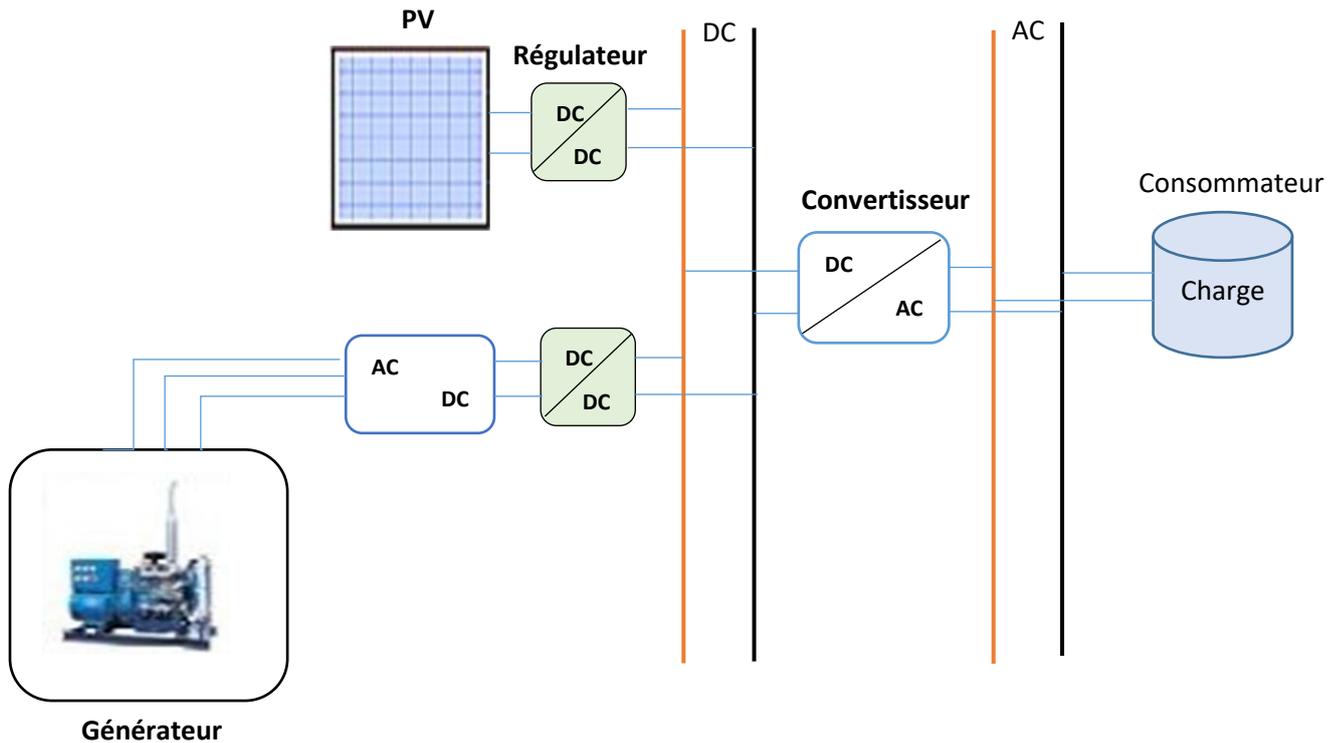


Figure 2 : *Système photovoltaïque hybride*

2. Systèmes photovoltaïques connectés au réseau

Les systèmes photovoltaïques connectés au réseau représentent la quasi-totalité des systèmes PV installés dans le monde [2].

Les panneaux photovoltaïques, comme représentés sur la figure 2, débitent sur un bus de tension continue à travers un convertisseur dont le rôle est d'effectuer la conversion DC-AC et de faire en sorte que le générateur PV fonctionne toujours à son point de fonctionnement optimal (MPPT : Maximum Power Point Tracking). Les caractéristiques électriques des panneaux photovoltaïques étant liées aux conditions météorologiques, ce convertisseur améliore la rentabilité du système global.

Le développement massif d'un tel système posera à terme des problèmes de stabilité du réseau. En effet, si aucune mesure complémentaire n'est prise, le gestionnaire de réseau, dont la mission est d'assurer en permanence l'adéquation entre production et consommation électrique, rencontrera des difficultés à accepter en temps réel l'énergie électrique d'origine photovoltaïque en raison de sa nature intermittente.

A grande échelle, le l'implémentation de ces systèmes ne pourra se faire qu'en ayant recours au stockage d'énergie offrant un degré de liberté supplémentaire de façon à mieux utiliser l'énergie produite.

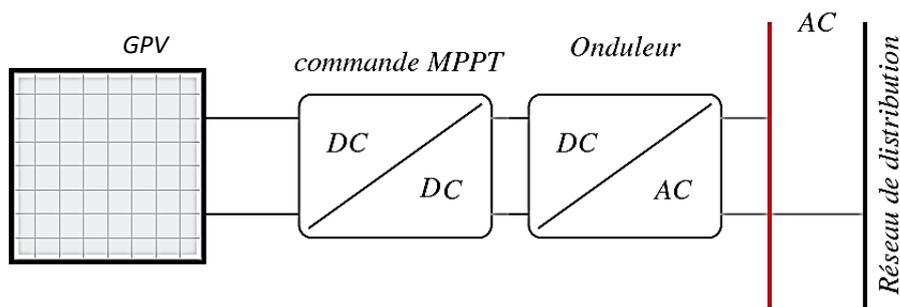


Figure 3 : Architecture électrique d'un système photovoltaïque connecté au réseau de distribution

Il existe une interaction entre le réseau de distribution et les systèmes PV et le développement de cette filière photovoltaïque possède des caractéristiques spécifiques suivantes [10] :

- La puissance de production des installations varie de quelques kW à plusieurs MW.
- Le nombre de producteurs peut devenir à terme très important,
- La plupart des raccordements sont réalisés sur la partie basse-tension du réseau public de distribution,
- Les installations comportent des convertisseurs statiques (pas de machines tournantes)
- Les équipements (onduleurs et modules) disponibles sur le marché sont variés,
- La production d'énergie est naturellement intermittente,
- Le raccordement des installations est le plus souvent le résultat d'initiatives individuelles et donc n'est pas planifié.

2.1. Influence des systèmes photovoltaïques sur le réseau de distribution

Autrefois, les réseaux de distribution se comportaient comme des éléments passifs dans lesquels les flux de puissance s'écoulaient de manière unidirectionnelle du poste source vers les consommateurs finaux. Du fait de l'insertion des productions décentralisées, les flux de puissance et les tensions sont impactés non seulement par les charges mais aussi par les sources. Par suite de ces spécificités techniques des installations photovoltaïques, le raccordement des systèmes PV au réseau peut avoir des impacts importants sur son fonctionnement [11].

2.2. Influence du réseau de distribution sur le fonctionnement des installations photovoltaïques

Les caractéristiques, le fonctionnement et les perturbations des réseaux de distribution peuvent influencer le fonctionnement normal des systèmes PV. Ceci provient généralement, soit des caractéristiques intrinsèques des réseaux de distribution, soit de la qualité de tension dégradée par d'autres utilisateurs du réseau, soit d'une association de ces deux causes. Ces effets entraînent généralement des découplages injustifiés des onduleurs [12].

2.3. Interconnexion d'une source d'énergie renouvelable au réseau électrique

Les ressources énergétiques peuvent être utilisées pour alimenter une charge électrique spécifique tout en étant autonomes, hybridées avec une source conventionnelle ou reliées au réseau électrique. Pour ce dernier cas, parmi les problèmes qu'il faut résoudre avec une grande précaution, il y a le problème de la synchronisation.

En effet, la synchronisation consiste à mettre en œuvre une stratégie de commande et de contrôle électronique de l'interconnexion de ce type de sources d'énergie au réseau électrique. Son but est de soutenir le système d'alimentation en cas d'un éventuel défaut, tenir compte de diverses perturbations qui peuvent survenir sur le réseau électrique [13].

III. Conséquences et conditions optimales d'une installation photovoltaïque

Avant de recadrer les grandeurs influençant le rendement d'un système photovoltaïque qui sont entre autres : l'éclairement, la température et l'inclinaison, présentons d'abord ses avantages et ses inconvénients.

1. Avantages et inconvénients d'une installation PV

a) Les avantages :

- L'énergie solaire photovoltaïque ne génère ni bruit, ni émissions nocives, ni gaz polluants : Elle ne crée aucun coproduit nocif et contribue activement à réduire le réchauffement climatique.
- Le soleil est la seule ressource dont a besoin un panneau solaire. De plus, la plupart des cellules photovoltaïques sont fabriquées à base de silicium, un matériau abondant et non toxique (second matériau le plus abondant sur Terre).
- Les systèmes photovoltaïques sont très sûrs et d'une grande fiabilité : l'espérance de vie d'un module solaire est d'environ 30 ans. La performance des cellules photovoltaïques est généralement garantie par les fabricants pour une durée de 20 à 25 ans. Le photovoltaïque est donc une technologie fiable sur le long terme. De plus, la fiabilité des produits est garantie aux consommateurs
- Les modules photovoltaïques sont recyclables et les matériaux utilisés pour leur production (silicium, verre, aluminium, etc.) peuvent être réutilisés. Le recyclage n'est pas seulement bénéfique pour l'environnement, il contribue également à réduire l'énergie nécessaire pour produire ces matériaux et ainsi à réduire leur coût de fabrication.
- L'énergie solaire photovoltaïque exige peu de maintenances : les modules solaires ne nécessitent pratiquement aucune maintenance et sont faciles à installer.
- L'énergie solaire photovoltaïque fournit de l'électricité aux zones rurales les plus isolées : les systèmes photovoltaïques apportent une valeur ajoutée aux zones rurales (en particulier dans les pays en développement où il n'y a pas de réseau électrique disponible).
- L'énergie solaire photovoltaïque peut être intégrée de manière esthétique dans les bâtiments : les modules solaires peuvent couvrir toits et façades, contribuant ainsi

à l'autonomie énergétique des bâtiments. Ils sont silencieux et peuvent être intégrés de manière très esthétique

- L'énergie solaire captée par la terre pendant une heure pourrait suffire à la consommation mondiale pendant une année : ce rayonnement représente 1.6 milliards de TWh, soit huit mille fois la consommation énergétique annuelle mondiale.

b) Inconvénients :

Le développement du photovoltaïque est rapide, mais représente encore peu de choses dans le bilan énergétique mondial.

L'ensemble des modules existant actuellement produit autant d'énergie que 20 % d'une tranche nucléaire. Ce n'est notamment pas une solution significative pour répondre immédiatement aux enjeux nationaux actuels.

- La fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des investissements d'un coût élevé ;
- Le rendement réel de conversion d'un module est faible (la limite théorique pour une cellule au silicium cristallin est de 28 %) ;
- Les générateurs photovoltaïques ne sont compétitifs par rapport aux générateurs diesel que pour des faibles demandes d'énergie en région isolée ;
- Lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique (batterie) est nécessaire, le coût du générateur photovoltaïque est accru; la fiabilité et les performances du système restent cependant équivalentes pour autant que la batterie et les composants de régulation associés soient judicieusement choisis[14].

2. Influence des grandeurs sur le rendement

2.1. Influence de la température

L'augmentation de la température de la cellule entraîne une augmentation du photo- courant I_{ph} . Cette augmentation est causée principalement par la diminution de la largeur de bande interdite du matériau. Elle est de l'ordre de 0,01 % degré C°. Le courant direct de la jonction augmente aussi, mais beaucoup plus vite entraînant, une diminution

de la tension de circuit ouvert de l'ordre de 2 mV par cellule .La diminution de la puissance fournie est estimée environ de 0,5 % par degré pour un module [15].

2.2. Influence de l'éclairement

L'ensoleillement (flux lumineux) se définit comme étant la puissance reçue par une surface et exprimée en Watt par mètre carré (W/m^2). Son augmentation se traduit par un déplacement de la caractéristique $I=f(V)$ suivant l'axe des courants. L'accroissement du courant de court-circuit est beaucoup plus important que celui de la tension à circuit ouvert étant donné que le courant de court-circuit est une fonction linéaire de l'éclairement, alors que celle de la tension à circuit ouvert est algorithmique [16].

2.3. Effets de l'orientation et des angles d'inclinaison

L'installation de panneaux ou de capteurs solaires avec des angles d'orientation et d'inclinaison optimaux pour maximiser la production d'énergie sur une période spécifique est importante pour améliorer la rentabilité des systèmes solaires et, par conséquent, leur utilisation à grande échelle. En règle générale, pour les installations visant une production solaire annuelle maximale dans la région intertropicale, il est recommandé d'orienter le panneau vers l'équateur selon un angle d'inclinaison égal à la latitude locale. Il existe cependant plusieurs situations où il est difficile, voire impossible, de suivre ces recommandations générales, par exemple en cas de présence d'un obstacle créant de l'ombrage, d'une orientation ou d'une pente inadéquate des toitures, ou encore lorsque les toitures sont inaccessibles. Cela pose la question de l'impact du non-respect des recommandations générales sur les performances des systèmes solaires

En Afrique de l'Ouest et du Centre, un écart modéré (jusqu'à 20°) par rapport à l'orientation et à l'inclinaison optimales n'influence pas de manière significative le rayonnement solaire incident et donc pas la production solaire.

Plus généralement, il apparaît qu'un écart de 20° par rapport à l'inclinaison et/ou orientation optimale classique (orientation face à l'équateur avec un angle d'inclinaison égal à la latitude locale) entraîne une perte maximale de 5 % du rayonnement solaire incident sur un panneau. De plus, si l'on considère un angle d'inclinaison minimum de 10° à 15° comme recommandé pour la plupart des installations dans la région étudiée pour permettre l'écoulement des eaux de pluie et l'évacuation des objets et poussières qui

pourraient se déposer sur le panneau, la réduction de l'incident annuel le rayonnement solaire est négligeable (<5%) pour toute orientation allant de l'est à l'ouest en passant par le sud (orientation de -90° à $+90^\circ$) [17].

3. Conditions optimales

Le modèle des modules dépend de l'éclairement. Lorsque l'éclairement varie de 300 W/m^2 à 1000 W/m^2 , le courant de saturation de la diode de la cellule PV augmente d'une décade. En tenant compte de ces variations, la tension optimale (V_{opt}) des modules PV diminue d'environ 11 %. Ces résultats confirment bel et bien la diminution de la tension optimale avec l'éclairement [18].

Conclusion

En somme, il apparaît clairement que le recours de plus en plus prononcé aux ressources énergétiques renouvelables, particulièrement le solaire photovoltaïque semble être une solution très rationnelle pour répondre aux besoins énergétiques de l'humanité.

Par ailleurs, on distingue deux types d'installations photovoltaïques : les installations raccordées au réseau et les installations autonomes pour sites isolés. Dans les installations autonomes la production d'électricité solaire est adaptée à la consommation d'énergie électrique. Dans le cas des installations raccordées au réseau, le réseau public de distribution d'électricité devient accumulateur-tampon.

Nous avons également étudié dans ce chapitre l'influence des systèmes PV sur le réseau de distribution ainsi que celles des réseaux sur le fonctionnement des systèmes PV et dont les impacts des caractéristiques et perturbations sont importants et significatifs de part et d'autre.

Enfin, les avantages d'une installation photovoltaïque sont énormes bien qu'il en existe quelques inconvénients.

CHAPITRE II :
ETUDE DU SYSTEME EXISTANT

Introduction

Pour mieux gérer l'énergie disponible fournie par le soleil, diverses recherches ont été effectuées. Parmi ces recherches, il y a le problème d'optimisation des systèmes PV, le transfert de la puissance vers la charge et le contrôle de la décharge des batteries....

Dans ce chapitre, il est question d'étudier le système. Ainsi, nous commencerons tout d'abord par présenter le système existant, en particulier les dispositifs installés, la charge du bâtiment et localiser les défauts du système.

Ensuite, nous présenterons la méthodologie de l'étude en faisant apparaître les matériels utilisés pour les mesures des paramètres électriques et de l'ensoleillement, le bilan de puissance et la consommation du ménage puis essayer de redimensionner tout le système photovoltaïque.

Enfin, nous terminerons par une conclusion pour boucler les démarches citées ci-dessus.

I. Description du système existant

Le bâtiment dont il est question est un immeuble d'habitation à deux étages situés dans le quartier Bendogo, non loin de l'échangeur de l'Est. La constitution de cet immeuble se présente comme suit :

- Le Rez-de-chaussée constitué un salon, une chambre à coucher, une cuisine, une salle à manger et les toilettes ;
- Au premier niveau nous avons un salon, trois chambres, un magasin, une salle de repos et les toilettes ;
 - Enfin au deuxième étage, se trouvent un salon, une chambre à coucher, une cuisine, deux salles de sport et les toilettes. La figure 4 présente une image du bâtiment vue de face.



Figure 4 : Photo de l'immeuble vu de face

1. Dispositifs installés pour l'alimentation système solaire

Les dispositifs installés dans le bâtiment sont les suivants :

- Deux convertisseurs de marque FelicitySolar ;
- Un régulateur classique 48V ;
- Un régulateur MPPT ;
- Douze Batteries de 200 Ah ;
- Vingt et huit modules de 300 Wc.





Figure 5 : Dispositifs installés (panneaux : 1-2, batteries : 3, Convertisseur : 4, régulateurs : 5-6)

- Description des équipement installés

Au début, le système était constitué de 30 modules (Model : YS300-24P) de 300 Wc chacun, mais deux de ces modules étaient endommagés.

En ce qui concerne les batteries (12V /200Ah), le système en dispose 12 qui sont installées et opérationnelles. Par ailleurs, il y a huit (8) autres batteries défectueuses qui sont déposées dans le local technique. En d'autres termes, le système dispose préalablement de 20 batteries mais compte-tenu du déséquilibre de la charge répartie sur les convertisseurs, cela a occasionné l'endommagement prématuré de certaines d'entre elles.

Les caractéristiques des équipements installés sont présentées dans les tableaux 1, 2, 3 et 4.

Caractéristique	Valeurs
Puissance Maximale (P_{max})	300 W
Tension Maximale (V_{mp})	35.5 V
Courant Maximale (I_{mp})	8.45 A
Courant de court-circuit (I_{sc})	9.29 A
Tension en circuit Ouvert (V_{oc})	42.5 V
Tension du système (V_{oc})	1000 V
Tolérance	+/- 5 %
Conditions standards	AM 1,5 ; 1000 W/m ²

Tableau 1 : Caractéristiques des modules

Caractérisation et optimisation de la consommation d'un système solaire photovoltaïque couplé au réseau à usage domestique

❖ Composition du champ photovoltaïque

Désignation	Nombre
Nombre de modules en série (N_{MS})	2
Nombre de modules en parallèle (N_{MP})	14
Nombre total de Modules (N_{TM})	28
Tension maximale totale : $V_{T_{mp}} = V_{mp} * 2$	71 V
Intensité maximale totale : $I_{T_{mp}} = I_{mp} * 14$	118,3 A
Puissance maximale totale : $P_{T_{max}} = 300 * 28$	8 400 Wc

Tableau 2 : Composition du champ photovoltaïque

❖ Dimensionnement des batteries

Désignation	Nombre
Nombre de batteries en série (N_{bs})	3
Nombre de batteries en parallèle (N_{bp})	4
Nombre total des batteries (N_{Tb})	12

Tableau 3 : Composition des batteries

❖ Récapitulatif des dispositifs installés pour l'alimentation

Désignation	Nombre	Capacité unitaire
Modules PV YS300-24P	28	300 Wc
Batteries 12V/200Ah/10hr	12	200 Ah
Convertisseurs FelicitySolar	02	5 kVA
Régulateurs classique	02	48 A
Régulateur MPPT	01	48 A

Tableau 4 : Récapitulatif des dispositifs installés

- Orientation et inclinaison des panneaux installés

Tous les vingt et huit (28) panneaux sont installés sur le toit du bâtiment. Comme on l'observe dans la figure 4, le bâtiment s'ouvre à l'Ouest et donc une partie de ces panneaux est visible où on constate leur orientation. Ils sont donc orientés en direction sud.

En ce qui concerne l'angle d'inclinaison, les mesures faites nous ont donné des valeurs qui tournent toutes autour de 15°. Ces mesures sont faites de deux manières : en utilisant une application installée dans un téléphone Android et en appliquant le théorème de Pythagore pour confirmer les valeurs obtenues par l'application.

2. Historique du système

Le système est installé sur le toit du bâtiment le depuis janvier 2014, donc pratiquement une année avant le début de notre étude. Ce système n'arrive pas à subvenir aux besoins du ménage puisque depuis le début de l'installation, des problèmes d'interruption de la production n'ont cessé de se répéter.

Par ailleurs, le ménage dispose d'un branchement de la SONABEL mais la consommation en énergie est d'autant plus colossale (environ 100 000 FCFA par mois). Cette facture était encore plus élevée lorsque le forage n'y était pas et que le ménage payait la facture d'eau à part. Avec le temps, il a fallu l'installation d'un forage et étant donné que le système solaire est incapable d'alimenter tous les équipements installés au préalable, ledit forage est donc connecté sur la ligne d'alimentation de la SONABEL, une des raisons pour laquelle la facture d'électricité est élevée même si montant de cette dernière est inférieure deux combinées (Facture d'eau et d'électricité) qui sont payées auparavant.

3. Besoins du client

Le client s'étant rapproché de l'entreprise Terra Satisfaction Solar Technology (TSST) sur recommandation d'un de ses voisins. Le problème posé était que le client, malgré avoir investi une somme colossale pour le déploiement et l'installation de son système solaire, n'arrive pas à profiter comme il se doit puisque le système installé n'alimente pas en permanence son bâtiment. Malgré des interventions pour remédier au problème, cela n'a pu déboucher sur une satisfaction et qu'il continue toujours à payer les factures d'électricité comme s'il ne disposait pas d'une installation PV.

C'est dans cette optique que TSST, ayant accepté le contrat, a décidé de nous impliquer pour en faire une étude dans le cadre du stage.

4. Principe de fonctionnement du système

Le système dispose de deux sources d'énergies : le réseau national (la SONABEL) et un système solaire photovoltaïque constitué des dispositifs cités ci-haut pour l'alimentation de la charge.

L'énergie provenant de la SONABEL alimente toute la charge du bâtiment répartie en deux catégories (les éclairages et les autres charges). La consommation est déterminée par un compteur triphasé de 10 A situé à l'entrée de la concession.

Pour le système solaire, le générateur PV, le régulateur, l'onduleur et les batteries sont placés sur le toit du bâtiment. L'énergie alimentant la charge est mesurée par deux compteurs dont l'un pour les éclairages et l'autre pour le reste. Lorsqu'on ferme les

disjoncteurs de l'installation solaire (basculement manuel), le système PV doit alimenter le bâtiment, excluant ainsi l'alimentation par la SONABEL. Par ailleurs, si un seul des disjoncteurs est fermé, l'alimentation est faite à travers sa ligne d'alimentation, laissant ainsi la SONABEL assurer l'approvisionnement de l'énergie en parallèle aux autres charges via un commutateur. La figure 5 illustre ce principe de fonctionnement.

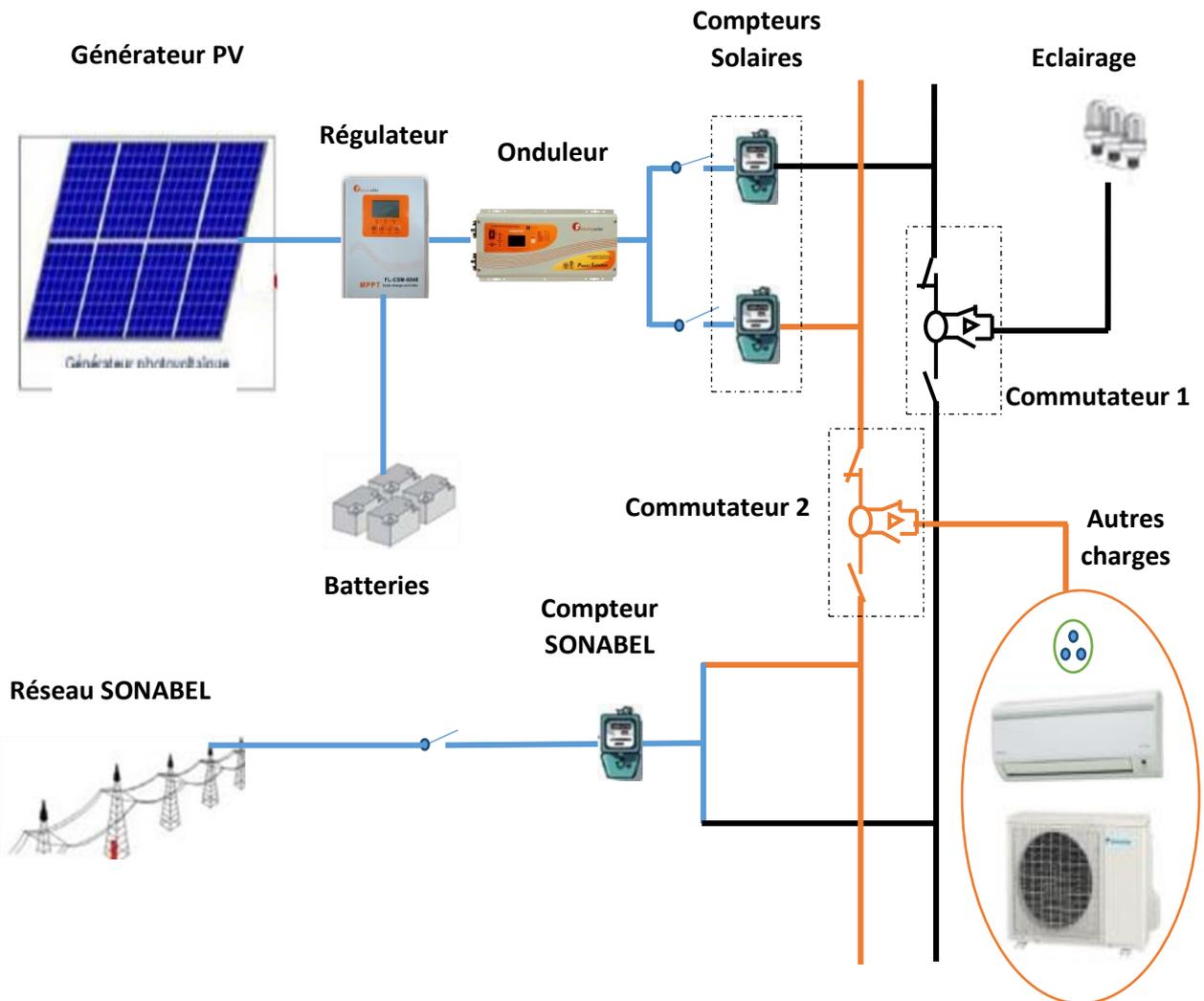


Figure 6 : *Synoptique du système existant*

5. Charge du bâtiment

Le tableau ci-après présente les équipements installés constituant la charge du bâtiment avec leurs puissances suivis de leurs nombres.

Appareils	Puissance unitaire (W)	Puissance unitaire (kW)	Chiffres
Ecran TV 32	119	0,119	004
Ecran TV 42	144	0,144	003
Ecran TV 64	250	0,25	001
Spot de circulation	10	0,01	009
Spot de commerce	10	0,01	098
Lampadaires	40	0,04	002
Ampoules LED	16	0,016	006
Petit Réfrigérateur	74	0,074	003
Grand Réfrigérateur	125	0,125	002
Consolette	190	0,19	001
Brasseur d'air (SFC 45cm)	111	0,111	011
Four électrique	170	0,17	001
Vibreuse	900	0,9	002
Pompe	2500	2,5	001
Surpresseur	370	0,37	001
Chauffe-eau	1500	1,5	001
Split-système	980	0,98	012
Moto Electrique	260	0,26	001
Vélo Electrique	90	0,09	001

Tableau 5 : Liste des équipements installés avec leurs puissances

6. Défauts de l'installation

Le système solaire n'arrive pas à prendre en charge l'ensemble du bâtiment. Le système comporte deux convertisseurs dont l'un convertisseur a été dédié uniquement à l'éclairage tandis qu'un autre s'occupe des autres charges. Ce dernier n'arrive pas à supporter le reste des équipements raison pour laquelle il est tout le temps à l'arrêt. Au deuxième jour par exemple, il n'a fonctionné qu'au maximum 10min après deux fois de suite de redémarrage. Au troisième jour, la pompe et le chauffe-eau ont été débranchés, ce qui a permis de faire fonctionner le convertisseur toute la journée (moment des mesures). Pour ce qui est du quatrième jour, la consommation a été relayée par le réseau SONABEL afin de prendre les prises et les équipements terminaux (Climatiseurs et ventilateurs) et laissant les éclairages sur le branchement solaire et donc une mise à l'arrêt du convertisseur solaire correspondant à l'alimentation de cette ligne.

D'autres parts, on constate qu'aucun dispositif du système solaire, particulièrement le convertisseur, n'est connecté à la terre.

Il est à signaler aussi que les deux convertisseurs se trouvent dans le local technique installé sur le toit du bâtiment. Par ailleurs, l'un d'entre eux s'échauffe, celui dédié à la prise en charge des éclairages plus que l'autre bien qu'il ne dispose pas d'une charge élevée.

I. Méthodologie d'étude du système

1. Matériels utilisés

- Un (1) solarimètre
- Un (1) multimètre numérique AC/DC
- Un (1) Thermocouple pour mesurer la température



Figure 7 : Solarimètre (1), Multimètre numérique (2) et thermocouple (3)

2. Méthode d'étude

2.1. Bilan de puissance

Le bilan de puissance général des charges est répertorié dans le tableau 3. Il apparaît dans ce tableau les puissances de composantes telles que l'éclairage, les prises..., réparties par niveau (voir Annexe 2 pour le bilan détaillé par niveau).

Désignation	Puissances (kW)				Pourcentage
	RDC	R+1	R+2	Total	
Eclairage	0,4176	0,3078	0,4284	1,15	4,40%
Prises	2,898	3,2292	3,312	9,44	36,02%
Climatiseur	3,528	3,528	3,528	10,58	40,38%
Brasseur	0,2997	0,4995	0,2997	1,10	4,19%
Autres Equipements	3,933			3,93	15,01%
Sous-Total	11,0763	7,5645	7,5681		
TOTAL	26,21				100%

Tableau 6 : Bilan de puissance du bâtiment

2.2. Evolution de la consommation du ménage

Il y a au total trois compteurs dans le ménage : un compteur pour le réseau SONABEL et deux compteurs pour la consommation de l'énergie solaire photovoltaïque. Les relevés au niveau des compteurs se font au début et à la fin de chaque visite au site.

- Au niveau du compteur de la SONABEL

Date	Durée			Energie (kWh)		
	Début	Fin	Différence	Avant (kWh)	Après (kWh)	Différence (kWh)
06/10/2015	11h00	15h00	04h00	1618,9	1619,6	0,7
07/10/2015	09h00	10h00	01h00	1622,7	1622,7	0
10/10/2015	10h45	15h45	05h00	1631,1	1631,1	0
13/10/2015	10h35	15h45	05h15	1646,7	1647,4	0,7
14/10/2015	09h00	10h00	01h00	1650.6	1650.9	0,3

Tableau 7 : Relevés de la consommation d'énergie sur le réseau SONABEL

C'est un compteur 10 A triphasé placé à l'entrée de la concession. Les données répertoriées dans ce tableau reflètent la consommation suivant la durée de mise en fonctionnement du système solaire. Au premier et au troisième jour, la consommation s'élève à 0,7 kWh, alors qu'au deuxième et au troisième jour, elle reste nulle.

- Consommation sans intervention du système solaire

Date	Energie (kWh)		Différence (kWh)	Durée
	Début	Fin		
06-07/10/2015	1619,6	1622,7	3,1	18h00
07-10/10/2015	1622,7	1631,1	8,4	69h45
10-13/10/2015	1631,1	1646,7	15,6	66h45
13-14/10/2015	1647,4	1650.6	3,2	17h15

Tableau 8 : Variation de la consommation d'énergie en fonction du temps

Caractérisation et optimisation de la consommation d'un système solaire photovoltaïque couplé au réseau à usage domestique

Ce sont les consommations en dehors des heures du fonctionnement du système solaire. Elle est maximale entre le 10 et le 13/10/2015 avec une énergie de 15,6 kWh en 66h45min, soit 5,6 kWh/j. La plus basse consommation se retrouve entre le 07 et le 10/10/2015 dont la durée s'élève à 69h45min pour une énergie consommée de 8,4 kWh, soit une moyenne journalière d'environ 2,9 kWh/j pour cet intervalle.

La consommation moyenne de ce ménage en énergie sur le réseau SONABEL est donc de 4,16 kWh/j estimée pour une énergie totale de 30,3 kWh pendant une durée de fonctionnement de 174h45min.

- Au niveau des compteurs solaires
 - Premier compteur

Date	Durée			Compteur solaire1 (kWh)		
	Début	Fin	Différence	Avant (kWh)	Après (kWh)	Différence (kWh)
06/10/2015	11h00	15h00	04h00	27,2	27,2	0
07/10/2015	09h00	10h00	01h00	27,2	27,9	0,7
10/10/2015	10h45	15h45	05h00	27,9	29,8	1,9
13/10/2015	10h35	15h45	05h15	35	35	0

Tableau 9 : Relevés de la consommation d'énergie sur le compteur solaire N°1

Le tableau ci-haut présente la variation de la consommation pendant quelques jours, de l'énergie fournie par le système solaire. Ce compteur prend en compte les prises, la pompe, le surpresseur, le chauffe-eau et la climatisation (les climatiseurs et les ventilateurs), qui constituent une bonne partie de la charge du bâtiment. Il ressort ici qu'au cours du 1^{er} et du dernier jour, le compteur a affiché une consommation nulle puisque le système a fonctionné sans aucune charge au niveau de ce dernier durant ces moments, contrairement au 2^e et au 3^e jour (respectivement 0,7 et 1,9 kWh). Par ailleurs, les durées conformément à ces énergies consommées au cours de ces jours (1^{er} et dernier) sont respectivement de 01h00 et de 05h00.

➤ Deuxième compteur

Date	Durée			Compteur solaire2 (kWh)		
	Début	Fin	Différence	Avant (kWh)	Après (kWh)	Différence (kWh)
06/10/2015	11h00	15h00	04h00	58,7	58,7	0
07/10/2015	09h00	10h00	01h00	58,7	58,9	0,2
10/10/2015	10h45	15h45	05h00	58,9	60	1,1
13/10/2015	10h35	15h45	05h15	80,8	82,2	1,4

Tableau 10 : Relevés de la consommation d'énergie sur le compteur solaire N°2

Le deuxième compteur du système solaire est celui qui prend uniquement les éclairages. A part le premier jour, les trois autres jours ont permis de voir une évolution succincte de l'énergie consommées qui va de 0,2 à 1,4 kWh en passant par 1,1 kWh respectivement pour des durées de 01h00, 05h00 et 05h45min.

- Récapitulatif des consommations

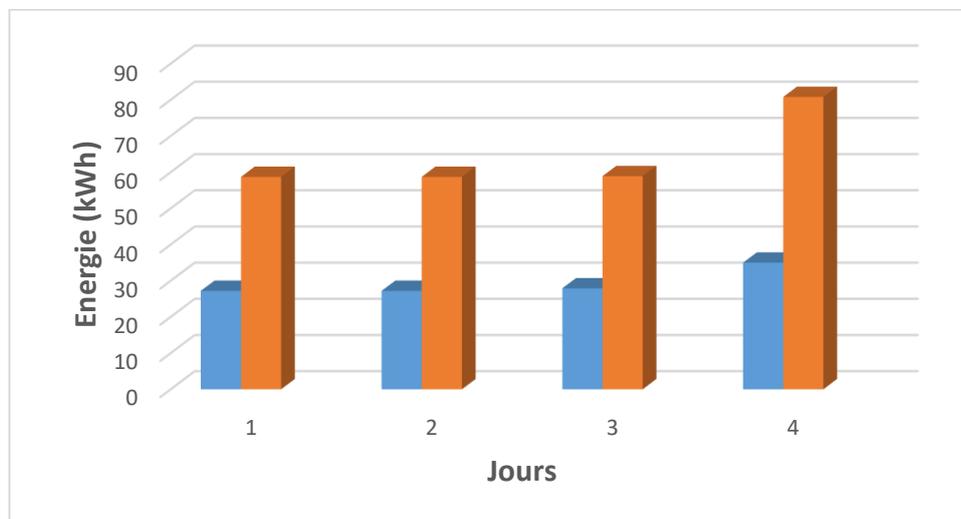


Figure 8: Consommation de l'énergie électrique

L'histogramme figure 8 fait apparaitre les différentes consommations de l'énergie journalière pendant les quatre jours de test. On constate ici qu'à part le premier et le dernier jour, la consommation lors des mesures a été prise en compte uniquement que par le système solaire (la SONABEL a eu moins d'influence). Toutefois, pendant les trois derniers jours, le compteur N°2 du système solaire a répondu toujours présent avec

respectivement 0,2, 1,1 et 1,4 kWh. Le maximum de la consommation au cours d'une journée reste celle du compteur solaire N°2 avec 1,9 kWh d'énergie consommée.

Interprétation :

La faible consommation de l'énergie journalière est due à l'absence de certains habitants du ménage, occasionnant ainsi un manque de fonctionnement de certains équipements.

En outre, le système solaire n'arrive pas à prendre en charge l'ensemble du bâtiment. C'est pourquoi, un convertisseur a été dédié uniquement à l'éclairage tandis qu'un autre s'occupe des autres charges. Ce dernier n'arrive pas à supporter le reste des équipements raison pour laquelle il est tout le temps à l'arrêt. Au deuxième jour par exemple, il n'a fonctionné qu'au maximum 10min après deux fois de suite de redémarrage. Au troisième jour, la pompe et le chauffe-eau ont été débranchés, ce qui a permis de faire fonctionner le convertisseur toute la journée (moment des mesures). Pour ce qui est du quatrième jour, la consommation a été relayée par le réseau SONABEL afin de prendre les prises et les équipements terminaux (Climatiseurs et ventilateurs) et laissant les éclairages sur le branchement solaire.

2.3. Redimensionnement du système

- Estimation du rayonnement

Au Burkina Faso, la latitude est de 12°35'12.21''N et de 2°05'2.3'' O, avec une élévation en altitude de 330 m. Ces données nous ont permis de déterminer l'ensoleillement sur le plan horizontal et sur l'inclinaison des modules solaires.

Latitude φ (°)	Inclinaison α (°)
$\varphi < 10^\circ$	$\alpha = 10^\circ$
$10^\circ < \varphi < 30^\circ$	$\alpha = \varphi$
$30^\circ < \varphi < 40^\circ$	$\alpha = \varphi + 10^\circ$
$\varphi > 40^\circ$	$\alpha = \varphi + 15^\circ$

Tableau 11 : Relation entre la latitude et l'inclinaison des panneaux

Par rapport aux données de ce tableau, nous allons nous prendre une inclinaison normale entre 12°minimum et 15° au maximum par rapport à une utilisation annuelle.

Retenons un coefficient de sécurité de 10% de la charge réelle journalière,

$$B_j = B_{jt} + 10\%B_{jt} \quad (2- 1)$$

- **Evaluation du champ photovoltaïque (W_C)**

Le champ photovoltaïque étant déjà installé, nous allons déterminer la puissance crête du champ et à partir de cela déterminer l'énergie dont on dispose à la sortie des modules et la répartir en fonction des besoins du bâtiment,

Cette puissance crête est donc déterminée par :

$$P_C = \frac{\text{Charge journalière } (B_j)}{H_a \cdot \eta_{bat} \cdot \eta_{gén}} \quad (2- 2)$$

Avec :

- B (Wh/j) : Charge journalière
- H_a : rayonnement moyen journalier du mois sur le plan des panneaux solaires (kWh/m²/j) pris dans PV syst pour le mois le plus défavorable (mois d'Août et qui est de 5,42 comme indiqué dans le tableau 12.
- $\eta_{gén}$: Le rendement du générateur photovoltaïque à pour valeur typique 80 %
- η_{bat} : Le rendement des batteries ont pour valeur typique 80 %.

Mois	Ensoleillement Global (kWh/m².j)
Janvier	5,60
Février	6,49
Mars	6,57
Avril	6,51
Mai	6,34
Juin	6,22
Juillet	5,83
Août	5,42
Septembre	5,87
Octobre	6,05
Novembre	5,88
Décembre	5,44
Année	6,01

On aura donc une énergie journalière disponible à la sortie des modules, Elle est déterminée par :

$$B_j = \eta_{bat} \eta_{gén} H_a P_c \quad (2- 3)$$

- **Choix de la tension nominale du système**

Les tensions recommandées pour les systèmes photovoltaïques en fonction de leur puissance sont représentées dans le tableau ci-après

Tableau 12 : Tension du générateur en fonction de la puissance

Puissance du champ photovoltaïque (kWc)	0 – 0,5	0,5 – 2	2 – 10	> 10
Tension recommandée (VDC)	12	24	48	> 48

La puissance du champ photovoltaïque de notre bâtiment est de 8,4 kWc, donc compris entre 0 et 10kWc, Ainsi, on peut prendre la tension du système égale à 48V,

- **Composition du champ photovoltaïque**

- Nombre de modules en séries :

$$N_{MS} = \frac{V_{g\acute{e}n}}{V_{mod}} \quad (2-4)$$

Avec :

N_{MS} : Nombre de modules en séries ;

$V_{g\acute{e}n}$: la tension du générateur ;

V_{mod} : la tension du module photovoltaïque

- Nombre de branche en parallèle :

$$N_{BPM} = \frac{P_{cr\acute{e}te\ min}}{P_M N_{MS}} \quad (2-5)$$

- Nombre total de modules :

$$N_{TM} = N_{MS} N_{BPM} \quad (2-6)$$

- **Estimation des accumulateurs**

Les batteries existantes sont des batteries de 12 V avec une capacité de stockage de 200 Ah et un rendement de 80 %, Prenons une profondeur de décharge de 75 % et une durée de stockage d'un jour,

$$C_{bat\ min} = \frac{Charge\ journali\grave{e}re\ (B_j)}{V_{bat} \eta_{bat} DM} N_{NJS} \quad (2-7)$$

Avec :

- V_{bat} : la tension de la batterie en volt(V) ;
- DM : la profondeur de décharge de l'accumulateur ;
- N_{NJS} : le nombre de jours de stockage
- Nombre d'accumulateurs en séries :

$$N_{AS} = \frac{V_{bat}}{V_{acc}} \quad (2-8)$$

- Nombre de branches d'accumulateurs en parallèle :

$$N_{BP} = \frac{C_{bat\ min}}{C_{acc}} \quad (2-9)$$

- Nombre total d'accumulateurs :

$$N_{TA} = N_{AS} N_{BP} \quad (2-10)$$

- **Calcul de ratios de vérifications**

Pour ce qui est de la qualité entre le générateur, la batterie et les besoins énergétiques, vérifions par les ratios ci-après :

- Degré de décharge quotidien :

$$Ddq = \frac{B_j(Wh/j)}{C_{bat}(Ah) V_{bat}(V)} \leq \frac{DM}{N_{NJS}} \quad (2-11)$$

- Ratio 1

$$R_1 = \frac{P_{Crête}(Wc)H_a\eta_{gén}\eta_{bat}}{B_j(Wh/j)} \quad (2-12)$$

- Ratio 2

$$R_2 = \frac{C_{bat}(Ah)}{I_{CC}(A)N_{BP}} \quad (2-13)$$

- **Choix du régulateur de charge**

Le régulateur doit pouvoir au moins supporter les intensités qui sont entre autres :

- L'intensité maximale de court-circuit générée par le générateur

$$I_{Gén} = I_{SC} N_{BP} \quad (2-14)$$

- l'intensité nominale de la totalité des récepteurs alimentés par le régulateur

$$I_R = \sum I, \quad (2-15)$$

Par ailleurs, l'intensité nominale du régulateur de charge et décharge doit être :

$$I_{nr} \geq \text{Max}(I_{SC}; I_R) \quad (2-16)$$

- **Choix de l'onduleur**

La puissance de l'onduleur est déterminée par la relation suivante :

$$P_{\text{ond}} (\text{VA}) \geq k P_{\text{app}} (\text{VA}) \quad (2- 17)$$

Avec :

- k : facteur courant au démarrage, facteur compris entre 2 et 3 pour tenir compte des appels de courant au démarrage des appareils ;
- P_{app} : puissance apparente des charges fonctionnant en aval de l'onduleur,

Nous prendrons 3 comme facteur, étant donné qu'il y a la présence des moteurs dans l'installation, La puissance totale apparente en aval de l'onduleur est donnée par la relation suivant :

$$P_{\text{app}} = \frac{P_{\text{chr}} N}{\cos\varphi} \quad (2- 18)$$

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons présenté les matériels et la configuration du système existant, Le bilan de puissance nous a fourni une charge de 26,21 kW, Compte tenu de ce qui existait, un redimensionnement a été nécessaire, suggérant ainsi différentes hypothèses de calcul tant bien sur le besoin journalier, la puissance crête, les nombres de modules et des batteries à installer, la puissance de l'onduleur, le courant du régulateur et la vérification des différents ratios,

En ce qui concerne la consommation, elle est d'environ une moyenne 4,16 kWh/j sur le réseau SONABEL, estimée pour une énergie totale de 30,3 kWh pendant une durée de fonctionnement de 174h45min, Le maximum de la consommation au cours d'une journée est de 1,9 kWh d'énergie consommée,

Pour ce qui est des défauts, ils résident principalement au niveau du branchement, occasionnant ainsi une surcharge d'un des convertisseurs, et donc un arrêt de celui-ci lorsque le disjoncteur relié à ce dernier à la charge est en marche,

CHAPITRE III :

OPTIMISATION DU SYSTEME

Introduction

Pour mieux gérer l'énergie disponible fournie par le soleil, divers équipements ont été développés et mis sur le marché afin que cette énergie puisse être exploitée autant que possible. Le but est de faire débiter une puissance maximale au niveau des panneaux, tout en tenant compte du dimensionnement des équipements à installer pour que la production soit optimale,

Dans ce chapitre, nous allons tout d'abord présenter les résultats et les analyses dudit dimensionnement comparés à ceux déjà préétablis,

Ensuite, nous proposerons des solutions portées sur des recommandations tant bien au niveau des équipements à changer que sur la configuration du système,

Enfin, nous terminerons par une conclusion pour boucler le chapitre,

I. Résultats et analyses

1. Résultats du redimensionnement

Le tableau ci-dessous présente les résultats permettant de les comparer avec ceux de l'installation déjà existante. Les valeurs d'une manière générale, s'approchent de ceux d'avant redimensionnement, hormis les choix sur le régulateur et l'onduleur ainsi que sur le nombre et la configuration des accumulateurs (de 3 batteries en séries et 4 en parallèles, respectivement à 4 et 5 soit un total qui passe de 12 à 24 batteries),

La puissance minimale de l'onduleur sera donc supérieure ou égale à 10,44 kVA, contrairement aux deux en fonctionnement qui sont de l'ordre 5 kVA chacun,

Les intensités de court-circuit du générateur du générateur et des charges sont :

- $I_{Gén} = 130,06 \text{ A}$;
- $I_R = 122,079 \text{ A}$;
- $I_{nr} \geq \text{Max} (130,06 \text{ A} ; 122,079 \text{ A})$,

Le régulateur de charge et de décharge doit donc être basé sur les caractéristiques suivantes :

- Courant nominal $\geq 130,06 \text{ A}$;

Caractérisation et optimisation de la consommation d'un système solaire photovoltaïque couplé au réseau à usage domestique

- Tension De Service : 48 V,

En ce qui concerne les ratios, ils sont tous vérifiés avec comme valeurs du degré de décharge $Dd_q = 0,6 \leq 0,75$, $R_1 = 1$ et $R_2 = 21,78$ qui se trouve bel et bien dans l'intervalle [20 ; 40],

Le redimensionnement établi dans le chapitre précède nous a fourni des résultats qui sont présentés dans le tableau 11, Ces résultats sont comparés à ceux du système existant d'où on fait ressortir des valeurs avant et après redimensionnement,

Désignation	Valeurs	
	Avant	Après
Puissance crête (Wc)	8 400	8 400
Besoins journaliers disponible à la sortie des modules (Wh)	29 137,92	29 137,92
Tension du système (V)	48	48
Nombre de modules en séries N_{MS}	2	2
Nombre de branches en parallèle N_{BPM}	14	14
Nombre Total de modules N_{TM}	28	28
Capacité des batteries $C_{bat\ min}$ (Ah)	800	1 011,73
Nombre d'accumulateurs en séries N_{AS}	3	4
Nombre de branches d'accumulateurs en parallèle N_{BP}	4	5
Nombre total d'accumulateurs N_{TA}	12	20
Degré de décharge quotidien Dd_q	0,76	0,6
Ratio 1	1	1
Ratio 2	17,22	21,78
Courant nominal du régulateur I_{nr} (A)	120	$\geq 130,06$
Puissance de l'onduleur P_{ond} (kVA)	10	$\geq 10,44$

Tableau 13 : Résultats du redimensionnement

2. Evolution et Influence de la température

Cette figure montre les allures que prennent les Température prises par un releveur de température au cours d'une journée, Il s'agit des températures prises au niveau du local technique (au niveau du convertisseur repéré par le premier câble), en dessous (câble N°2) et au-dessus des panneaux (câble N°3).

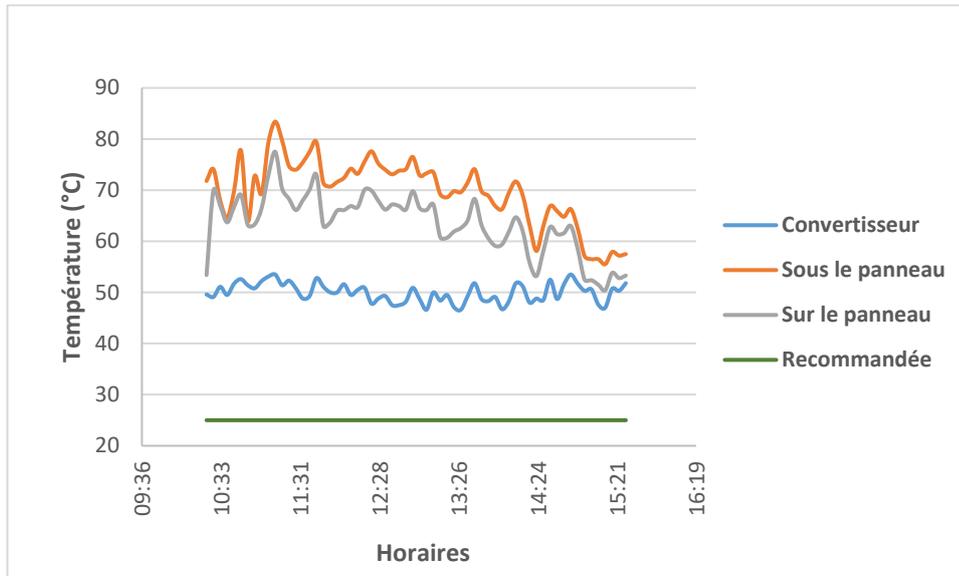


Figure 9: Variation de la température sur des cellules et du convertisseur

Ces courbes ne sont pas les mêmes pour tous les jours mais l'évolution est toujours semblable c'est-à-dire qu'elles sont au point bas le matin, atteignent leurs points maximales aux environs de midi puis chutent le soir, Pour notre cas, en début des relevés ces températures au niveau du convertisseur, en dessous et au-dessus des panneaux sont respectivement de 49,1°C, 53,4 °C et 66,9 °C le matin autour de 10h30min, Elles augment graduellement respectivement jusqu'à 53,5 °C, 77,5 °C et 83,4 °C entre 11 h et 12 h, Par contre le soir, elles évoluent de manière descendante respectivement à 47 °C, 50,4 °C et 53,8 °C,

Interprétations des résultats :

- En ce qui concerne l'élévation des différentes températures, elle est due d'abord du fait que les panneaux sont placés sur le toit en tôle, Elles ne sont pas les mêmes compte tenu du reflet de la chaleur des tôles en dessous des plaques, ce qui donne une température un peu supérieure à celle reçue uniquement par les rayons solaires, Toutefois, les températures recueillies sont largement supérieures (autour de 80°C) par rapport) à celle définit pour des conditions standards (25°C), cela risque d'influencer sur le rendement et occasionner un vieillissement, voire une dégradation prématurée des cellules,

La température prise au niveau du convertisseur est inférieure aux deux autres puisque ledit convertisseur se trouve dans le local, Par ailleurs, il s'échauffe plus

que le second d'où la nécessité de lui installer un ventilateur pour son refroidissement,

II. Solutions/recommandations

Eu égard aux défauts et aux résultats obtenus après redimensionnement, nous recommandons les solutions suivantes :

a- Au niveau du local technique :

- La mise en place d'un onduleur chargeur Un renforcement de l'onduleur (pour augmenter la puissance à ce qu'elle soit supérieure ou égale à 10,44 kVA) ou un équilibrage de la charge sur les deux onduleurs (de 5 kVA chacun) existants, étant donné que l'un d'entre eux n'alimente que les éclairages et l'autre pour le reste de la charge ;
- Le courant nominal du régulateur devant être supérieur ou égal à 130,06A, alors que les deux en fonctionnement ne sont que de 60A chacun (un régulateur MPPT et un autre classique), d'où la nécessité d'en avoir des régulateurs répondant aux critères des choix ;
- L'augmentation du nombre des batteries pour passer de 12 à 20 pour assurer une autonomie d'un jour en cas de délestage longue durée ou des conditions climatiques (empêchant une recharge de ces accumulateurs), Prenons la profondeur de décharge de l'accumulateur à 75 % et vue le champ photovoltaïque du bâtiment et la grandeur du système, nous prendrons 1 jour de stockage ;
- La mise à la terre des équipements tels que l'onduleur, les batteries....,

b- Au niveau de la gestion du ménage

Il s'agit ici de la gestion de l'utilisation d'eau massive dans le ménage, En effet, l'excès de la consommation en eau fait que le surpresseur fonctionne en continu pour qu'après une propagation au 2^e étage, la pression puisse être faite jusqu'au rez-de-chaussée,

Cette consommation, par rapport à une facture qui m'a été présentée, le constat est fait en termes de paiement qui s'élève à 97 709 francs avec 107 m³ au cours du mois de Mai, soit en moyenne une consommation de 3,566 m³ par jour, Ce qui fait que les usagers se maintiennent à une alimentation continue de la pompe par le réseau de la SONABEL qui leur revient moins cher par rapport à l'ONEA, Par ailleurs, la pompe, le

chauffe-eau, le surpresseur, les prises et la climatisation sont branchés sur un seul convertisseur,

En ce qui concerne la gestion des équipements, il est d'autant préférable de passer par l'adoption d'une efficacité énergétique afin de limiter la consommation surtout lorsqu'on se trouve en phase de consommation pendant la journée tant sur le système solaire que sur le du réseau SONABEL,

c- Proposition de la nouvelle configuration

Après cette étude, nous recommandons une reconfiguration du système, notamment un branchement des deux sources à travers un onduleur chargeur afin de charger les batteries à la fois par le PV (en priorité) et le réseau de la SONABEL, Les sources d'énergies raccordées chargent les batteries et alimentent le bâtiment, La charge sera donc alimentée en continue, La figure 10 illustre ce fonctionnement,

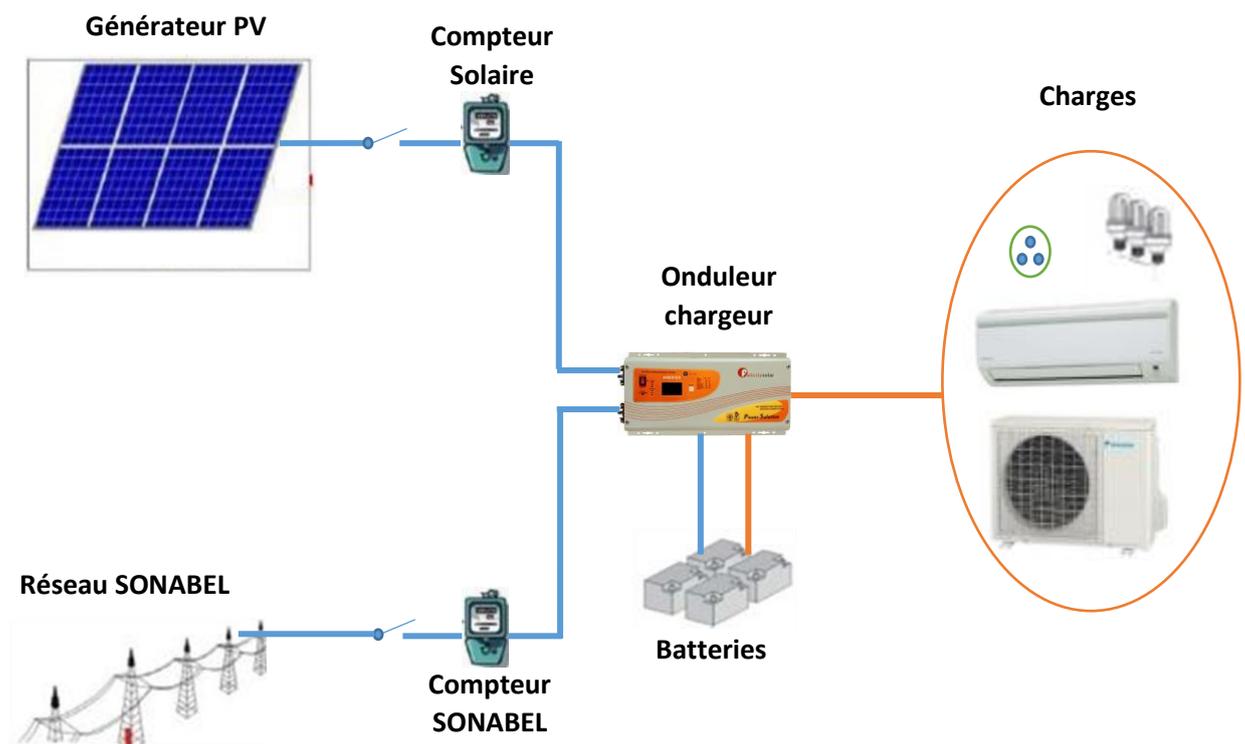


Figure 10 : Schéma d'une proposition de configuration

III. Etude économique

Tout compte fait, une étude économique s'impose lorsqu'il s'agit d'un renforcement ou de remplacement de certains équipements,

Caractérisation et optimisation de la consommation d'un système solaire photovoltaïque couplé au réseau à usage domestique

Par ailleurs, il va y avoir un retour sur investissement si le système solaire est redimensionné de sorte à pouvoir prendre en charge l'ensemble des charges du bâtiment, et donc une économie sur la consommation via le réseau SONABEL,

Pour ce qui est du coût de la réfection, nous l'avons estimée dans le tableau qui suit :

Désignation Modèle	Unité	quantité	P,U	P,Total
Convertisseur chargeur FelicitySolar (12kWA/48V)	U	1	596 000	596 000
Batteries NewGos (12V/200Ah)	U	20	95 000	1 900 000
Câbles 2,5x4mm	ml	100	500	50 000
Accessoires	U	01	50 000	50 000
Sous Total				2 596 000
Main d'œuvre				400 000
TVA	18 %			476 280
Total				3 472 280

***Tableau 14** : Devis estimatif de la réfection*

Le coût global de cette réfection s'élève donc à trois millions quatre cents soixante-douze mille deux cents quatre-vingt (**3 472 280 FCFA**),

Conclusion

Les résultats nous ont donné une légère différenciation et des modifications susceptibles à apporter, surtout au niveau de des onduleurs, du régulateur et des batteries, Il faut donc une réorganisation du système et dont les recommandations conduisent à une réfection qui s'élève à **3 472 280 FCFA**.

CONCLUSION

Notre travail a consisté à caractériser et optimiser un système solaire photovoltaïque à usage domestique à Ouagadougou dans le quartier Bendogo, situé non loin de l'échangeur de l'Est.

Le bilan de puissance établi montre que le ménage dispose d'une charge équivalente à une puissance active de 26,21 kW.

Les objectifs fixés au début étaient de recueillir et analyser les données de l'ensemble du système pour ensuite proposer une optimisation, Les résultats de ces données nous ont montré que le système, muni d'un régulateur classique, d'une commande MPPT et de deux convertisseurs de 5 kVA chacun et de batteries, n'arrive pas à subvenir aux besoins du ménage.

Un redimensionnement a été fait et cela a donné des valeurs quelques fois supérieures entre autres : la puissance de l'onduleur qui doit être $\geq 10,44$ kVA au lieu de 10 kVA (2 fois 5 kVA), le courant du régulateur de charge de 130 A au lieu de 120A et le nombre de batteries qui monte à 20.

Pour subvenir donc aux besoins de ce ménage, il faut nécessairement effectuer un réajustement soit en renforçant le système par le remplacement de l'onduleur, soit équilibrant les charges sur les onduleurs existants, De plus, il faut renforcer le dispositif de stockage, Par ailleurs, il est important que les occupants du bâtiment intègrent dans leur comportement quotidien la notion d'économie d'énergie.

Bibliographie

- [1] K. Kassmi, M. Hamdaoui and F. Olivier, "Conception et Modelisation d'un système photovoltaïque adapté par une commande MPPT analogique," *Nature et Ecologie*, 2007.
- [2] T. A. Singo, "Système d'alimentation photovoltaïque avec stockage hybride pour l'habitat énergétiquement autonome," *Henri Poincaré Nancy-I*, 2010.
- [3] C. Wang, "Modeling and control of hybrid Wind/photovoltaic/fuel cell distributed generation systems," Thèse, Montana State University Bozeman, Montana, 2006.
- [4] M. Messaoud, "Modélisation et optimisation de systèmes de production d'énergies renouvelables couplés au réseau," Thèse, Université Mentouri de Constantine, Algérie, 2012.
- [5] A. Kristen, "National Survey Report of PV Power Applications in the United States 2011," no, DC 29585 USA, Jun, 2012.
- [6] R. Kaiser, "Optimized battery- management system to improve storage lifetime in renewable energy systems," vol, 168, 2007.
- [7] H. Yang, W. Zhou, L. Lu and Z. Fang, "Optimal sizing method for stand-alone hybrid solar-wind system with LPSP technology by using genetic algorithm," vol, 82, 2008.
- [8] O. Gergaud, "Modélisation énergétique et optimisation économique d'un système de production éolien et photovoltaïque couplé au réseau et associé à un accumulateur," Mémoire, École Normale Supérieure de Cachan, SATIE, 2002.
- [9] G. Gomez, "Optimization of the photovoltaic-hydrogen supply system of a stand-alone remote-telecom application," vol, 34, 2009.
- [10] H. Bichat and P. Mathis, "*La biomasse, énergie d'avenir?*", Editions Quae, 2013,
- [11] T. Tran-Quoc, "Evaluation par simulation des méthodes passives de détection d'îlotage des onduleurs PV," Présentation à la réunion Esprit, INES Chambéry, 21-Sep-2010.
- [12] T. Minh Chau Le, "Couplage onduleurs photovoltaïques et réseau, aspects contrôle / commande et rejet de perturbations," no. 00721980, 2012.
- [13] A. Rennane and D. Saheb -Koussa, "Evaluation des performances de la boucle à verrouillage de phase (PLL) pour l'interconnexion d'une source d'énergie renouvelable au réseau électrique," vol. 17, no. 2, p. 243, 2014.

- [14] Serge Poignant, M, Informatique, Oct, 1958.
- [15] B. Houda, “Modélisation, simulation et optimisation d'un système hybride éolien-photovoltaïque,” Mémoire de Magister, 2010.
- [16] R. Maoudejdj, “Applications de l'énergie photovoltaïque au pompage hydraulique sur les sites de Tlemcen et de Bouzareah,” Thèse de Magister, Tlemcen, Algérie, 2005.
- [17] N'Tsoupkoe KE. “Effect of orientation and tilt angles of solar collectors on their performance : Analysis of the relevance of general recommendations in the West and Central Africa context, Scientific African, 15:e01069, 2022.
- [18] T. Mrabti, M. El Ouariachi, B. Tidhal and K. Kassmi, “Caractérisation et modélisation fine du fonctionnement électrique des panneaux photovoltaïques,” *Révue Énerg, Renouvelables*, vol. 12, no. 3, pp, 489–500, 2009.

Webographie :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227621003707> le 25 janvier 2024

www.cder.dz/spip.php?rubrique172 le 30 septembre 2015

www.wikipedia.org/les_energies_renouveleables/ le 17 octobre 2015

<https://ec.europa.eu/publications/booklets/move/75/en.pdf> le 10 décembre 2015

Annexes

Sommaire des annexes

<u>Sommaire des annexes</u>	49
<u>Annexe 1 : Bilan de puissance détaillé</u>	50
<u>Annexe 2 : Dimensionnement PV</u>	53
<u>Annexe 3 : Quelques dispositifs de raccordement et le Local technique</u>	55
<u>Annexe 4 : Le logiciel PVsyst 6,38 et quelques simulations</u>	56
<u>Annexe 5 : Identité de la structure d'accueil</u>	600

Caractérisation et optimisation de la consommation d'un système solaire photovoltaïque couplé au réseau à usage domestique

Annexe 1 : Bilan de puissance détaillé

Tableau A,1 : Bilan des puissances au Rez-De Chaussée

Désignation		Nbre	P _{abs} (kW)	cos fi	K _u	K _s	K _r	Pa (kW)	P _{app} (kW)	P _{app} par local	P _{app} par niveau
Salon	Eclairage	8,00	0,08	0,85	1,00	1,00	0,90	0,07	0,08	2,68	11,66
	Prises	4,00	9,20	0,85	0,20	0,33		0,54	0,63		
	Climatiseur	2,00	1,96	1,00	1,00	1,00		1,76	1,76		
	Brasseur	2,00	0,22	1,00	1,00	1,00		0,20	0,20		
Chambre	Eclairage	12,00	0,12	0,85	1,00	1,00		0,11	0,13	1,54	
	Prises	2,00	4,60	0,85	0,20	0,55		0,46	0,54		
	Climatiseur	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00		0,88	0,88		
Salle à manger	Eclairage	4,00	0,06	0,85	1,00	1,00		0,05	0,06	1,58	
	Prises	2,00	4,60	0,85	0,20	0,55		0,46	0,54		
	Climatiseur	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00		0,88	0,88		
	Brasseur	1,00	0,11	1,00	1,00	1,00		0,10	0,10		
Cuisine	Eclairage	1,00	0,02	0,85	1,00	1,00		0,01	0,02	0,60	
	Prises	3,00	6,90	0,85	0,20	0,40	0,50	0,58			
Extérieur	Eclairage	1,00	0,13	0,85	1,00	1,00	0,12	0,14	4,66		
	Prises	3,00	6,90	0,85	0,20	0,40	0,50	0,58			
	Pompe	1,00	2,50	1,00	1,00	1,00	2,25	2,25			
	Surpresseur	1,00	0,37	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33			
	Chauffe- eau	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35			
Couloir + escalier	Eclairage	6,00	0,06	0,85	1,00	1,00	0,05	0,06	0,60		
	Prises	2,00	4,60	0,85	0,20	0,55	0,46	0,54			

Caractérisation et optimisation de la consommation d'un système solaire photovoltaïque couplé au réseau à usage domestique

Tableau A.2 : Bilan des puissances au premier niveau

Désignation		Nbre	P _{abs} (kW)	cos fi	K _u	K _s	K _f	Pa (kW)	P _{app} (kW)	P _{app} par local	P _{app} par niveau
Salon	Eclairage	8,00	0,08	0,85	1,00	1,00	0,90	0,07	0,08	2,68	8,19
	Prises	4,00	9,20	0,85	0,20	0,33		0,54	0,63		
	Climatiseur	2,00	1,96	1,00	1,00	1,00		1,76	1,76		
	Brasseur	2,00	0,22	1,00	1,00	1,00		0,20	0,20		
Chambre	Eclairage	12,00	0,12	0,85	1,00	1,00		0,11	0,13	1,54	
	Prises	2,00	4,60	0,85	0,20	0,55		0,46	0,54		
	Climatiseur	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00		0,88	0,88		
Chambre enf1	Eclairage	1,00	0,02	0,85	1,00	1,00		0,01	0,02	0,65	
	Prises	2,00	4,60	0,85	0,20	0,55		0,46	0,54		
	Brasseur	1,00	0,11	1,00	1,00	1,00		0,10	0,10		
Chambre enf2	Eclairage	1,00	0,02	0,85	1,00	1,00		0,01	0,02	0,65	
	Prises	2,00	4,60	0,85	0,20	0,55		0,46	0,54		
	Brasseur	1,00	0,11	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10			
Magasin	Eclairage	4,00	0,04	0,85	1,00	1,00	0,04	0,04	0,68		
	Prises	2,00	4,60	0,85	0,20	0,55	0,46	0,54			
	Brasseur	1,00	0,11	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10			
Salle de repos	Eclairage	4,00	0,04	0,85	1,00	1,00	0,04	0,04	1,41		
	Prises	1,00	2,30	0,85	0,20	1,00	0,41	0,49			
	Climatiseur	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	0,88	0,88			
Couloir +escalier	Eclairage	3,00	0,03	0,85	1,00	1,00	0,03	0,03	0,57		
	Prises	2,00	4,60	0,85	0,20	0,55	0,46	0,54			

Caractérisation et optimisation de la consommation d'un système solaire photovoltaïque couplé au réseau à usage domestique

Tableau A.3 : Bilan des puissances au premier niveau

Désignation		Nbre	P _{abs} (kW)	cos fi	Ku	K _s	K _f	Pa (kW)	P _{app} (kW)	Papp par local	Papp par niveau
Salon	Eclairage	16,00	0,16	0,85	1,00	1,00	0,90	0,14	0,17	2,57	8,23
	Prises	4,00	9,20	0,85	0,20	0,33		0,54	0,63		
	Climatiseur	2,00	1,96	1,00	1,00	1,00		1,76	1,76		
Chambre	Eclairage	12,00	0,12	0,85	1,00	1,00		0,11	0,13	1,54	
	Prises	2,00	4,60	0,85	0,20	0,55		0,46	0,54		
	Climatiseur	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00		0,88	0,88		
Salle à manger	Eclairage	4,00	0,04	0,85	1,00	1,00		0,04	0,04	1,56	
	Prises	2,00	4,60	0,85	0,20	0,55		0,46	0,54		
	Climatiseur	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00		0,88	0,88		
	Brasseur	1,00	0,11	1,00	1,00	1,00		0,10	0,10		
Cuisine	Eclairage	1,00	0,02	0,85	1,00	1,00		0,01	0,02	0,60	
	Prises	3,00	6,90	0,85	0,20	0,40		0,50	0,58		
Salle de Sport 1	Eclairage	4,00	0,04	0,85	1,00	1,00	0,04	0,04	0,68		
	Prises	2,00	4,60	0,85	0,20	0,55	0,46	0,54			
	Brasseur	1,00	0,11	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10			
Salle de Sport 2	Eclairage	4,00	0,04	0,85	1,00	1,00	0,04	0,04	0,68		
	Prises	2,00	4,60	0,85	0,20	0,55	0,46	0,54			
	Brasseur	1,00	0,11	1,00	1,00	1,00	0,10	0,10			
Couloir + escalier	Eclairage	6,00	0,06	0,85	1,00	1,00	0,05	0,06	0,60		
	Prises	2,00	4,60	0,85	0,20	0,55	0,46	0,54			

Annexe 2 : Dimensionnement PV

Tableau A.4 : Données et choix de l'onduleur

Données	
Choix de l'onduleur	
Cosy	0,85
Puissance minimale de l'onduleur	10,44 kVA
facteur courant au démarrage	3,00

Tableau A.5 : Dimensionnement du générateur

Besoin journalière (Wh)	29 137,92
Rend batterie	0,8
Rend onduleur	0,85
Rend régulateur	0,8
Rend générateur	0,8
Ej (kWh/m ² /j)	5,42
Pc (W _C)	8 400
Tension gén (V)	48
Tension module (V)	35,5
Pn d'un module (W _C)	300
NmS	2
NbP	14
PC installée (W _C)	8 400
Nombre de panneaux	28

Tableau A,6 : Dimensionnement du parc des batteries

Besoins journaliers (Wh)	29 137,92
Rend, Batterie	0,8
Tension bat (gén) (V)	48
Autonomie (jours)	1
DM	75%
capacité unitaire (Ah)	200
Tension accumulateur (V)	12
Capacité min(Ah)	1011,73
Nbs	4
Nbp	5,05865
Nbre accumulateur	20,2346

Tableau A,7 : Choix du régulateur

Choix du régulateur	
En amont	
Isc gén (A)	9,29
Int max de cc du gén (A)	130,06
En aval	
Int récept Ir (A)	15,12429668
Caractéristique du régulateur choisi	
Irég (A) = max(Iccgén,Ir)	130,06
Tension du régulateur	48

Tableau A,8 : Ratios de vérification

Degré de décharge quotidien (Ddq)		
Ddq	0,6070	
	0,75	
	$0,6070 < 0,75$	Bien
Ratio 1		
Ratio 1	1	
	$1=1$	Bien
Ratio 2		
Ratio 2	21,78	
	21,78 est entre [20;40]	Bien

Annexe 3 : Quelques dispositifs de raccordement et le Local technique



Coffrets de raccordement par niveau



Compteurs pour le système solaire



Local Technique

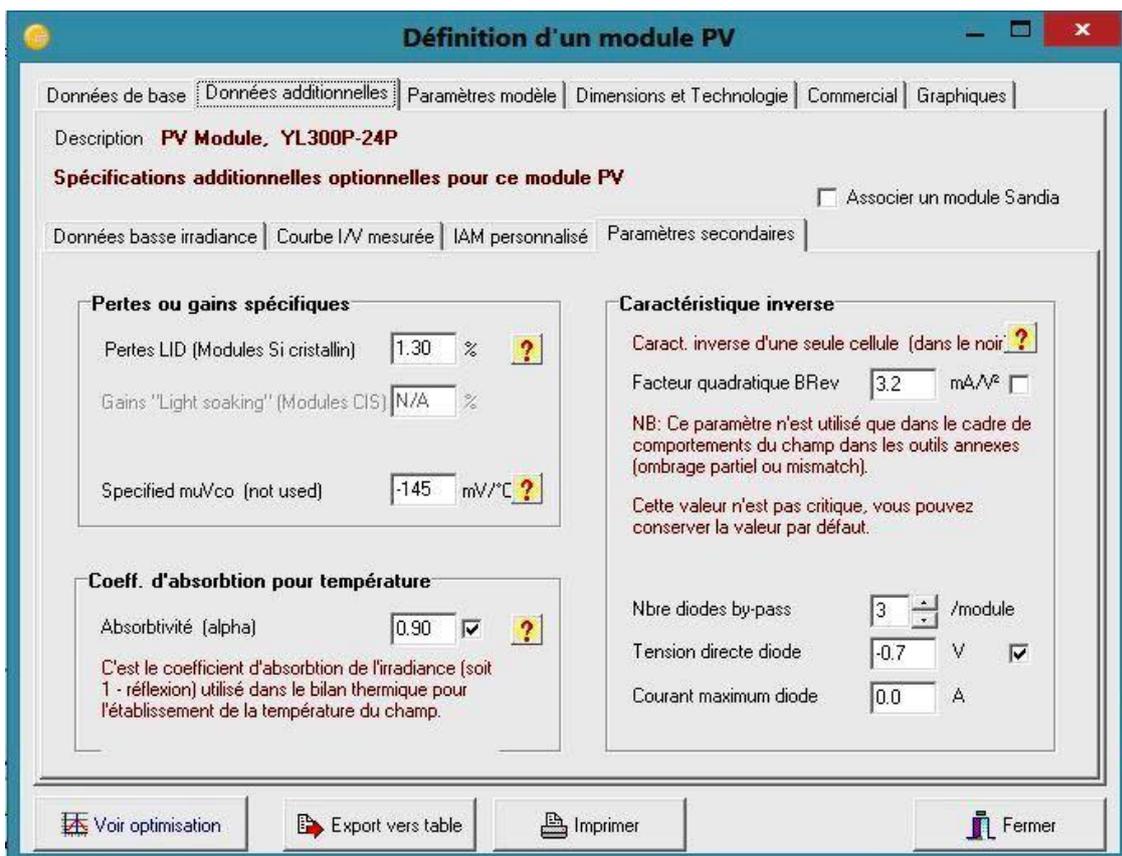
Annexe 4 : Le logiciel PVsyst 6,38 et quelques simulations

Ce logiciel est un outil complet pour l'étude et le classement par taille de Systèmes photovoltaïques,

Il peut fonctionner en 3 modes:

- Mode d'évaluation : qui donne droit de 30 jours après une installation fraîche, avec de pleines possibilités (excepté le filigrane sur le rapport de simulation) pendant,
- Mode de Demo : après que le mode d'évaluation soit expiré, PVsyst commutera à ce mode qui enlève la plupart des possibilités,
- Mode autorisé: après avoir acheté un permis et avoir fait l'activation, PVsyst fonctionnera avec de pleines possibilités,

Interfaces pour la définition des modules



Caractérisation et optimisation de la consommation d'un système solaire photovoltaïque couplé au réseau à usage domestique

Définition d'un module PV

Données de base
Données additionnelles
Paramètres modèle
Dimensions et Technologie
Commercial
Graphiques

Description **PV Module, YL300P-24P**

Module		Cellules	
Longueur	1970 mm	En série	60
Largeur	990 mm	En parallèle	1
Épaisseur	50.0 mm	Surface cellule	243.3 cm ²
Poids	26.80 kg	Nbre cellules total	60
Surf. module	1.950 m ²	Surface cellules	1.46 m ²

La définition des dimensions du module est obligatoire, utilisée pour la définition de l'efficacité "usuelle".
La surface des cellules est facultative, elle permet de définir l'efficacité au niveau de la cellule.

Tension champ max.
Tension maximale absolue du champ en toutes conditions (soit Voc aux températures les plus basses).

Tension maximum IEC: 1000 V
Tension maximum UL (US): 600 V

Diode by-pass de protection

Nbre diodes by-pass: 3 /module
Partition sous-modules: En longueur, Mixés, En largeur

Module tuile
 CPV: module à concentration

Technologie et spécificités du module

Cadre: Alu frame
Structure: Low iron temp. glass, 4 mm
Connexions: MC4 or AMP H4 (IP67)

Voir optimisation
Export vers table
Imprimer
Fermer

Définition d'un module PV

Données de base
Données additionnelles
Paramètres modèle
Dimensions et Technologie
Commercial
Graphiques

Modèle: YL300P-24P Fabricant: PV Module

Nom fichier: Yingli_YL300P_35b.PAN Source données: Manufacturer 2014

Original PVsyst database Prod. depuis 2014 à 2014

Puissance n: 300.0 Wp Tol. +/-: 0.0 5.0 % Technologie: Si-poly

Spécifications fabricant ou autres mesures

Cond. de référence:	GRef	1000 W/m ²	TRef	25 °C
Courant de court-circuit	Isc	9.290 A	Circuit ouvert Vco	42.80 V
Point de Puissance max.:	Imp	8.450 A	Vm	35.50 V
Coefficient de température	mulsc	3.0 mA/°C	Nbre cellules 60 en série	
	ou mulsc	0.032 %/°C		

Résumé du modèle

Paramètres principaux

R parall. 321 ohm
Rparall(G=0) 982 ohm

R série model 0.36 ohm
R série max. 0.40 ohm
R série apparent 0.54 ohm

Paramètres modèle

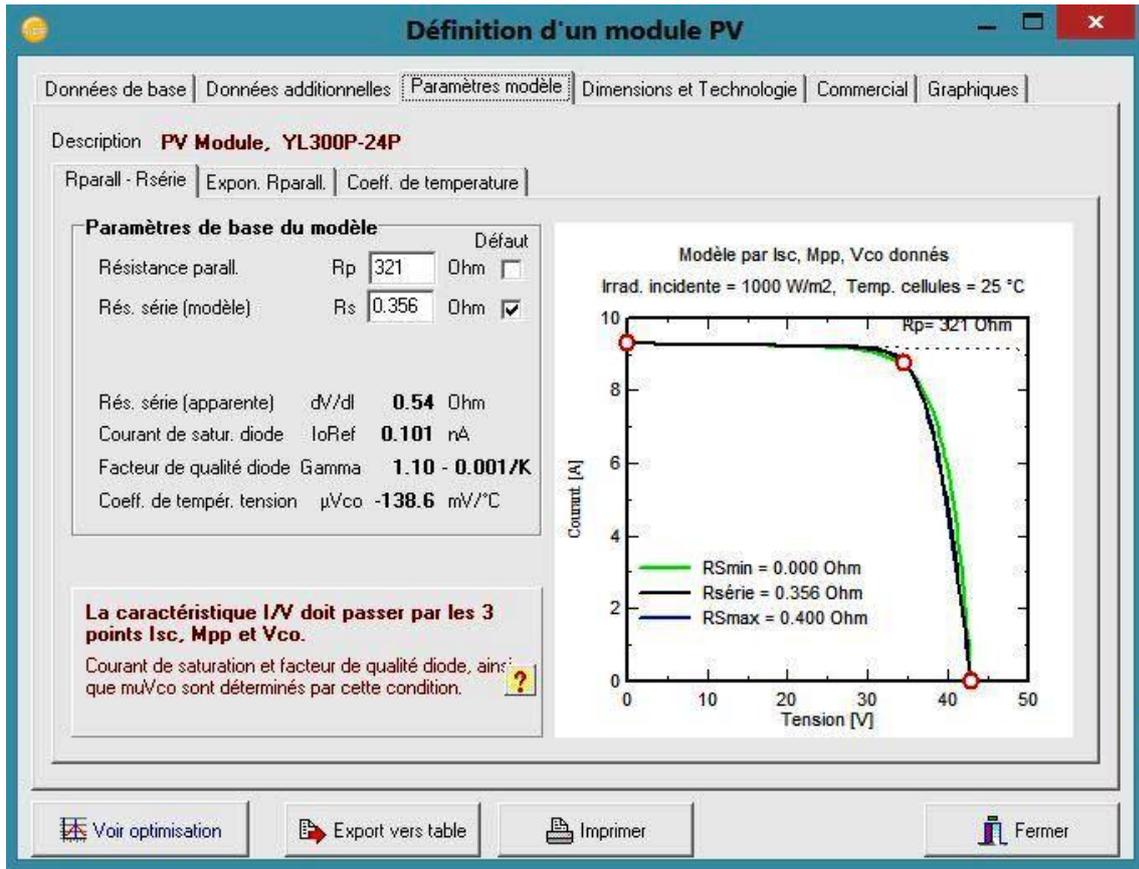
Gamma 1.101
IoRef 0.10 nA
µVco -139 mV/°C
muPMax fixé -0.41 /°C

Résultats du modèle interne

Conditions de fonctionnement	GOper	1000 W/m ²	TOper	25 °C
Point de Puissance max.:	Pmpp	302.0 W	Coeff. de température	-0.40 %/°C
	Courant Imp	8.73 A	Tension Vmpp	34.6 V
	Courant de court-circuit Isc	9.29 A	Circuit ouvert Vco	42.8 V
Efficacité	/ Surf. cellules	20.69 %	/ Surf. module	15.48 %

Voir optimisation
Export vers table
Imprimer
Fermer

Caractérisation et optimisation de la consommation d'un système solaire photovoltaïque couplé au réseau à usage domestique



1.1. Simulation avec le logiciel PVsyst

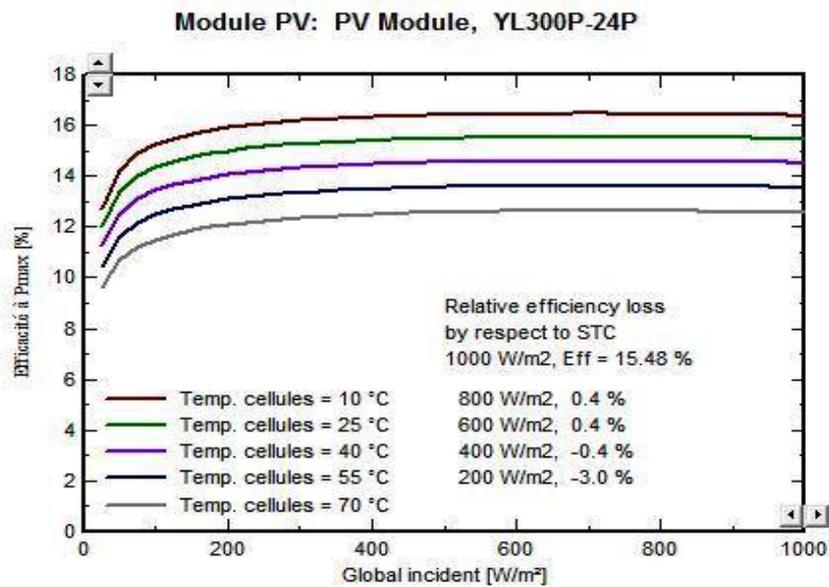


Figure A, 11 : Variation du rendement en fonction de la température et du rayonnement

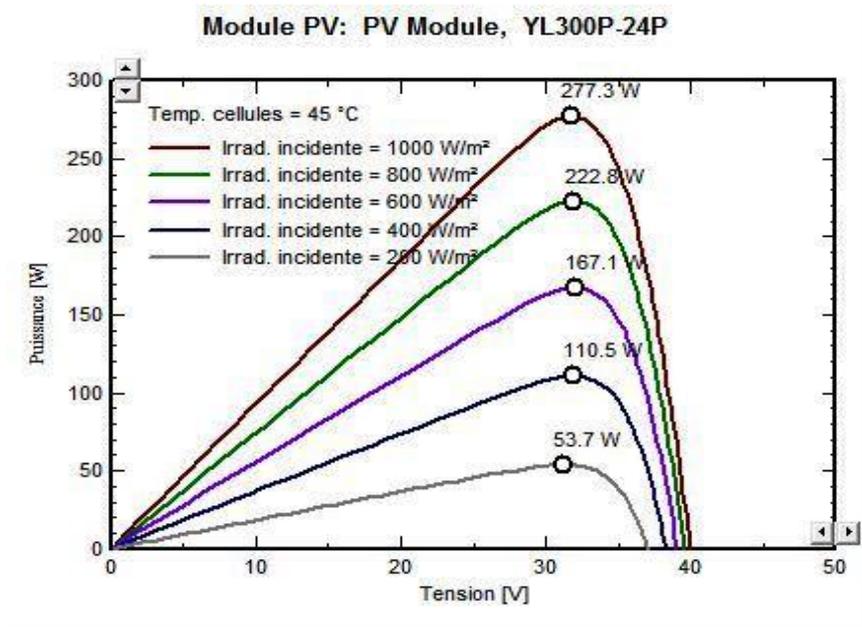


Figure 12 : La caractéristique $P - V$ et la trajectoire du PPM

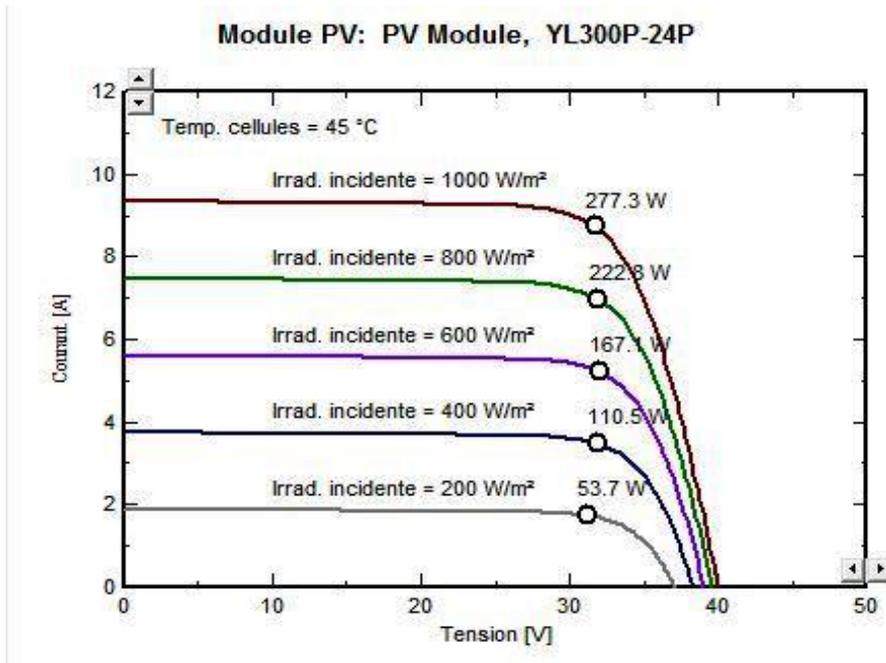


Figure A,3 : La caractéristique $I - V$ et la trajectoire du PPM

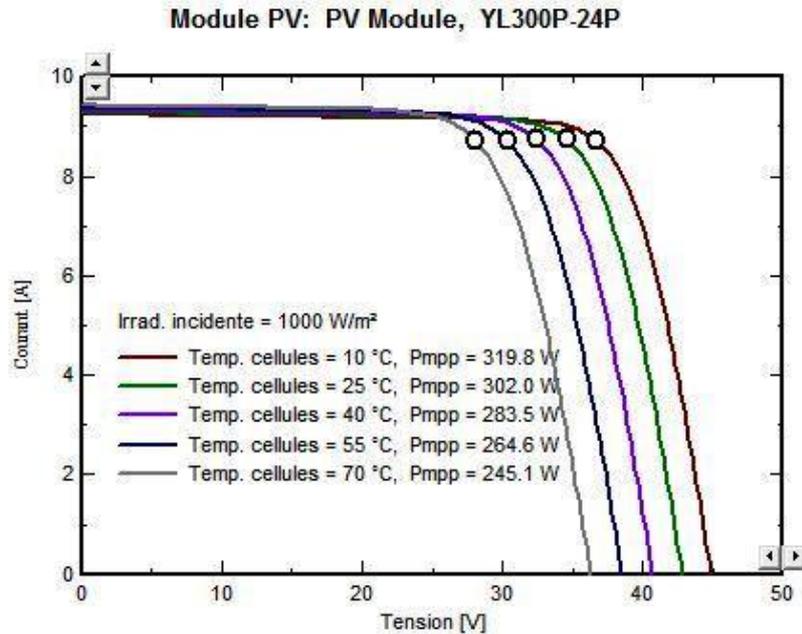


Figure A.4 : Caractéristique I – V et la trajectoire du PPM avec variation de la température

Annexe 5 : Identité de la structure d'accueil



NOM DE L'ENTREPRISE: **TERRA SATISFACTION Solar Technology**
CPC N°2013 11 40 0001
RCCM N° BFOUA 2012 A 5749
CNSS N°215060L
N°IFU : 00043824V
N°Cpte RCPB-CP Songtaaba:303-28859 / CODEC OUAGA
TSST 05923/05752
ADRESSE : 01 BP 550 Ouagadougou 01 BURKINA FASO
Tel : +226 25 40 11 45 70 00 50 12/ +226 79 38 10 72/
79514076
E-mail : tssolartechnology@hotmail.fr ou