



CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE RACCORDE AU RESEAU ELECTRIQUE POUR LA CLINIQUE LA ROSETTE DE SAN PEDRO EN COTE D'IVOIRE

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN GESTION DES INFRASTRUCTURES
ET SERVICE
OPTION : ENERGIES RENOUVELABLES

Présenté et soutenu publiquement le [Date] par

Mickael Paterne AMAHIN

Travaux dirigés par : Prénom NOM

Titre (Enseignant, Chercheur, Dr ...)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Prénom NOM

Membres et correcteurs : Prénom NOM
Prénom NOM
Prénom NOM

Promotion [2022/2023]

DEDICACE

Je dédie ce travail :

A mes piliers sur terre, la source de ma vie, le plus beau don du Seigneur, mes parents, en particulier ma mère, sans qui tout cela n'aurait été possible. Je leur consacre ce travail en reconnaissance de leur soutien et surtout la confiance d'avoir investi autant dans mes études supérieures,

A mes très chers frères et sœurs en reconnaissance de leur soutien,

A ma fiancée,

A l'ensemble de ma famille,

A mes amis, qui partagent avec moi une longue histoire.

Que ce document soit l'expression de ma gratitude envers vous.

REMERCIEMENTS

Dieu tout-puissant, je te magnifie d'avoir veillé sur moi, me préservant de tout mal. Je t'exprime ma gratitude pour ta grâce et tes bénédictions qui ont permis la réalisation de mon rêve le plus ardent.

Je tiens à exprimer ma gratitude envers tous ceux qui ont contribué à faire en sorte que notre formation théorique et pratique soit de qualité.

J'adresse mes sincères remerciements à tous ceux dont la franche et l'entière disponibilité ont rendu possible la réalisation de cette œuvre :

- **Dr Yannick ASSALE** : Directeur General de La ROSETTE
- **M. KONE** : Comptable de La ROSETTE
- **M. KAMAGATE Fatou** : Responsable de la clinique La ROSETTE de San Pedro
- Tout le corps professoral de 2IE

Je voudrais réitérer mes sincères remerciements à tous ceux dont les noms n'ont pas été mentionnés.

RESUME

Le groupe La ROSETTE est un ensemble de cliniques spécialisées en imagerie, implanté à Abidjan et San Pedro en Côte d'Ivoire. Dans un souci de répondre à ses besoins énergétiques et de contribuer à la promotion des énergies renouvelables en Afrique, notamment en Côte d'Ivoire, le groupe a décidé de s'informer sur l'installation d'un système photovoltaïque. Le présent document aborde la conception et le dimensionnement d'un système photovoltaïque raccordé au réseau électrique conventionnel, qui combine plusieurs sources d'alimentation en autoconsommation plus précisément l'énergie photovoltaïque, l'énergie du réseau électrique et si possible l'énergie stockée dans les batteries pour alimenter une clinique. Suite à une étude menée sur le terrain, il est nécessaire de définir les conditions de conception de ce système et d'estimer le besoin en énergie en fonction des puissances des équipements à alimenter, puis de procéder au dimensionnement des différents composants de l'installation. Ce dimensionnement conduit à un champ photovoltaïque composé de 88 panneaux de 300 Wc, offrant une puissance totale installée de 26,4 kWc associé à trois onduleurs hybrides.

Sur le plan financier, le coût de réalisation de ce projet est estimé à 28 506 500 FCFA sans stockage et à 35 862 500 FCFA avec stockage pour un retour sur investissement prévu à partir de la 16^e année.

Enfin, du point de vue environnemental, la mise en place de cette technologie d'énergie renouvelable permettra de réduire les émissions de GES (gaz à effet de serre) grâce à un contenu carbone estimé à 24,46 t CO₂eq.

Mots Clés :

-
- 1 – Energie photovoltaïque
 - 2 – Système raccordé au réseau
 - 3 – Champ PV
 - 4 – Réseau électrique conventionnel
 - 5 – Le groupe La ROSETTE
 - 6 – Autoconsommation

ABSTRACT

The Rosette Group is a set of specialized imaging clinic located in Abidjan and San Pedro, Côte d'Ivoire. In an effort to meet its energy needs and contribute to the promotion of renewable energy in Africa, particularly in Côte d'Ivoire, the group has decided to explore the installation of a photovoltaic system. This document addresses the design and sizing of a photovoltaic system connected to the conventional electrical grid. It combines multiple power sources for self-consumption, specifically photovoltaic energy, grid electricity, and, if possible, energy stored in batteries to power a clinic. Based a field study, it is necessary to define the design conditions of this system and estimate the energy requirements based on the power of the equipment to be supplied, followed by the sizing of the various components of the installation. This sizing results in a photovoltaic field composed of 88 panels of 300 Wc, providing a total installed capacity of 26.4 kWc, associated with three hybrid inverters.

From a financial perspective, the cost of implementing this project is estimated at 28 506 500 FCFA without storage and 35 862 500 FCFA with storage, with a return on investment expected from the 16th year.

Finally, from an environmental standpoint, the implementation of this renewable energy technology will help reduce greenhouse gas emissions (GHGs) with an estimated carbon footprint of 24.46 t CO₂eq.

Key words:

- 1 – Photovoltaic energy
- 2 – Grid-connected system
- 3 – Photovoltaic array
- 4 – Conventional electrical grid
- 5 – The groupe La ROSETTE
- 6 – Self-consumption

LISTE DES SIGLES ET ABBREVIATIONS

2IE	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
°C	Degré Celsius
A	Ampère
AC	Courant Alternatif
AIE	Agence Internationale de l'Energie
AN	Application Numérique
Bj	Besoin Journalier
CI	Côte d'Ivoire
CIE	Compagnie Ivoirienne d'Electricité
CNPS	Caisse Nationale de Prévoyance Sociale
CV	Cheval Vapeur
dB	Décibels
DC	Courant continu
ECG	Electrocardiogramme
ENS	Ensemble
FCFA	Franc de la Communauté Financière Africaine
GES	Gaz à Effet de Serre
GW	Giga Watt
H	Heure
Hz	Hertz
I	Intensité
Iond	Intensité de l'onduleur
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique
kW	Kilo Watt
kWc	Kilo Watt Crête
kWh	Kilo Watt Heure
L	Longueur
LED	Diode émettant de la lumière
M ²	Mètre carré
MAPA	Mesure Ambulatoire de la Pression Artérielle

Max	Maximal
Min	Minimal
Mm ³	Millimètre carré
MMPE/DGE	Ministère des Mines du Pétrole et de l'Energie / Direction Générale de l'Energie
Nbp	Nombre de branche parallèle
Nm	Nombre de module solaire
Nms	Nombre de module solaire en série
Ntm	Nombre total de module solaire
ORL	Oto-rhino laryngologie
Pc	Puissance crête
Pm	Puissance unitaire du module solaire
Poc	Puissance d'un onduleur
Pond	Puissance active onduleur
PV	Photovoltaïque
R	Resistance
RC	Responsable commercial
S	Section
Sond	Puissance apparente onduleur
STC	Condition d'essai standard
T	Température
TRI	Temps de retour sur investissement
U	Tension
Ute	Unité
V	Volt
W	Watt

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Inventaires des équipements.....	8
Tableau 2 : Bilan énergétique.....	10
Tableau 3 : Répartition par usage.....	12
Tableau 4 : Données climatiques de la zone de San Pedro extraient de la station météo	14
Tableau 5 : Estimation du rayonnement solaire de San Pedro	14
Tableau 6 : Caractéristique du module.....	31
Tableau 7 : Caractéristique de la batterie	32
Tableau 8 : Caractéristique onduleur	33
Tableau 9 : Devis estimatif sans stockage.....	36
Tableau 10 : Devis estimatif avec stockage	37
Tableau 11 : Calcul de la VAN	39

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Organigramme de la clinique</i>	<i>5</i>
<i>Figure 2 : Diagramme de consommation</i>	<i>11</i>
<i>Figure 3 : Système PV off-grid.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure 4 : Système PV connecté au réseau</i>	<i>22</i>
<i>Figure 5 : Exemple d'un système PV hybride</i>	<i>23</i>
<i>Figure 6 : Système PV au fil du soleil</i>	<i>25</i>
<i>Figure 7 : Module solaire CSUN300-60M</i>	<i>31</i>
<i>Figure 8 : Batterie LG Chem RESU 10H.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 9 : Onduleur SolarEdge SE100K</i>	<i>34</i>
<i>Figure 10 : Disjoncteur DC</i>	<i>34</i>
<i>Figure 11 : Disjoncteur AC.....</i>	<i>35</i>
<i>Figure 12 : Schéma d'installation</i>	<i>35</i>

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	II
RESUME.....	III
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	V
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES	VIII
SOMMAIRE	IX
I. INTRODUCTION.....	1
II. OBJECTIF DE TRAVAIL	3
III. PRESENTATION DE LA STRUCTURE	D'ACCUEIL 4
IV. CONCEPTION DU SYSTEME LE MIEUX ADAPTE	7
V. DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PV PAR CALCUL	26
VI. ETUDE ECONOMIQUE ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL.....	36
VII. CONCLUSION.....	43
VIII. BIBLIOGRAPHIE	44
IX. ANNEXES.....	46

I. INTRODUCTION

L'évolution constante des technologies énergétiques et la prise de conscience croissante de la nécessité de transition vers des sources d'énergie durables ont stimulé l'exploration et le développement des systèmes d'alimentation électrique novateurs.

Dans ce contexte, l'énergie solaire photovoltaïque émerge comme une solution prometteuse, offrant une alternative propre et renouvelable pour répondre aux besoins énergétiques. Selon les données de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE), l'énergie solaire représente une part significative des énergies renouvelables, connaissant une croissance exponentielle ces dernières années. En effet, les capacités photovoltaïques mondiales ont atteint 773 GW à la fin de l'année 2022, contribuant de manière substantielle à la réduction des émissions de GES (gaz à effet de serre).

L'Afrique, en particulier l'Afrique de l'Ouest, bénéficie d'un potentiel solaire exceptionnel. Selon les données du Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne, la région dispose d'un ensoleillement annuel moyen supérieur à 2000 kWh/m². Cette abondance de rayonnement solaire offre une opportunité unique d'exploiter l'énergie solaire PV comme une source d'énergie fiable et durable. Toutefois, malgré ce potentiel, de nombreuses régions africaines continuent de faire face à des défis énergétiques, soulignant la nécessité d'explorer des solutions innovantes.

Ainsi dans le secteur de la santé où l'alimentation ininterrompue est critique pour le bon fonctionnement des services médicaux, la conception d'un système photovoltaïque raccordé au réseau alliant plusieurs sources d'alimentation devient une avenue intrigante.

Ce mémoire se consacre à la « Conception et dimensionnement d'un système photovoltaïque raccordé au réseau électrique pour alimenter une clinique », explorant les opportunités de combiner l'énergie solaire avec d'autres sources d'énergie pour assurer une alimentation électrique stable et fiable dans le contexte spécifique d'une installation médicale. En examinant les besoins énergétiques spécifiques de la clinique et en intégrant les aspects technologiques et économiques, cette étude vise à fournir des recommandations pratiques pour la mise en œuvre d'une solution énergétique de deux sources d'alimentations répondant aux standards élevés du secteur de la santé. A travers cette recherche, nous aspirons à contribuer à l'avènement des connaissances dans le domaine des systèmes PV tout en adressant une problématique cruciale liée à la continuité de l'alimentation électrique dans le contexte médicale.

Dans la suite de notre document nous allons d'abord présenter la structure d'accueil, chercher à concevoir le système le mieux adapté, faire le dimensionnement du système, réaliser une étude économique et faire ressortir son impact sur l'environnement.

II. OBJECTIF DE TRAVAIL

1. Objectif général

L'objectif général de notre étude est de produire un document technico-économique robuste et persuasif, visant à fournir aux dirigeants de la clinique les éléments nécessaires pour prendre une décision éclairée quant à la réalisation du projet de mise en place d'un système photovoltaïque raccordé au réseau.

Ce document sert de feuille de route complète, intégrant des aspects techniques et économiques, pour guider les parties prenantes à travers les complexités de l'implémentation du système.

2. Objectif spécifique

L'atteinte de l'objectif général de ce projet nous amène directement à des objectifs liés à la conception et au dimensionnement d'un système PV raccordé au réseau :

- Concevoir le système PV le mieux adapté qui nous permettra de réaliser un audit énergétique approfondi de la clinique en examinant les données historiques de consommation ; de conduire une évaluation détaillée des besoins énergétiques spécifiques de la clinique ; d'analyser les caractéristiques du système pour optimiser la conception ; de définir clairement les objectifs de performance du système et de sélectionner le système hybride le mieux adapté.
- Dimensionner le système tout en calculant la charge solaire ; en dimensionnant les composants du système ; en sélectionnant des composants de haute qualité en fonction des spécifications de performance et en élaborant un schéma de montage détaillé
- Réaliser une étude économique servant à estimer les coûts initiaux d'investissement ; à évaluer les coûts d'exploitation et d'entretien anticipés ; à quantifier les économies d'énergie potentielles résultant de la réduction de la consommation provenant du réseau électrique conventionnel et à effectuer une analyse de rentabilité complète

III. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

L'établissement d'une chaîne de cliniques d'imagerie performantes en Côte d'Ivoire revêt une importance cruciale dans le domaine de la santé, offrant des avantages significatifs pour la population locale. La création des cliniques ROSETTE à Abidjan et à l'intérieur du pays émerge comme un jalon majeur dans le paysage de l'imagerie médicale en CI. Cette initiative vise à répondre aux besoins croissants en matière de diagnostics précis et rapides, en fournissant des services d'imagerie de pointe qui améliorent considérablement les soins de santé dans le pays.

1. Présentation Générale de la Rosette

Fondées au début des années 2000, les cliniques La ROSETTE sont devenues une référence incontournable dans le domaine de l'imagerie médicale en Côte d'Ivoire. Stratégiquement localisées dans les communes de Treichville à Abidjan, notamment à l'angle Rue 38 avenue 26 Treichville Arras, et au quartier Lac de San Pedro dans le sud-est du pays, ces établissements ont joué un rôle crucial dans la fourniture de services de diagnostic de qualité. Les cliniques ROSETTE se distinguent par leur engagement envers l'excellence médicale, en investissant dans des équipements de pointe tels que le Siemens Magnetom Essenza 1.5Tesla Scanner d'IRM, le Siemens Healthineers Suisse de mammographie, et en réunissant des équipes médicales hautement qualifiées. Avec un héritage de plusieurs années dans le secteur, ces cliniques ont acquis la confiance de la communauté médicale et des patients, se positionnant ainsi en tant que pilier incontournable dans l'imagerie médicale ivoirienne.

2. Organigramme

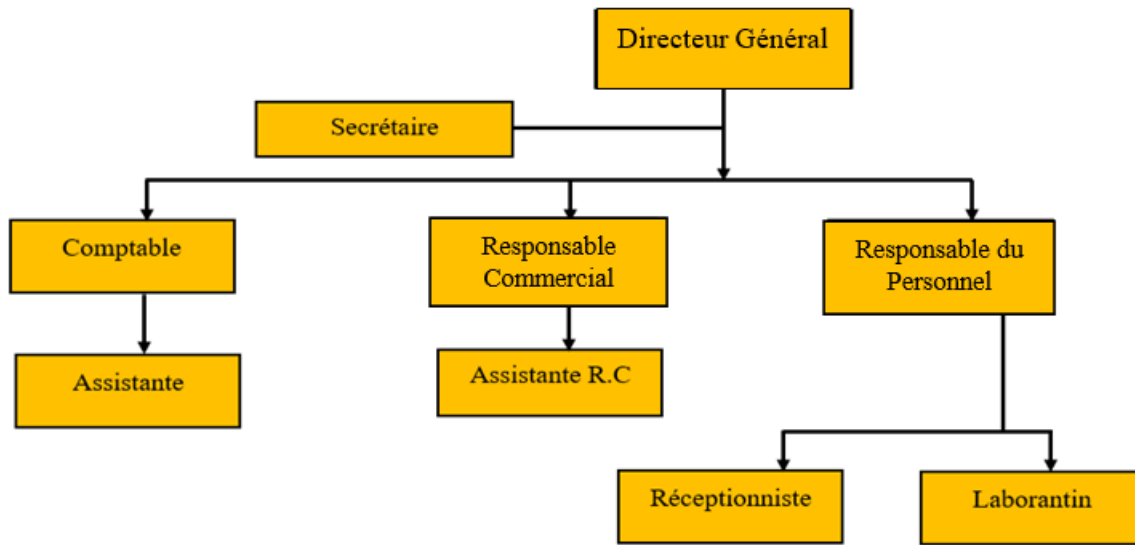


Figure 1 : Organigramme de la clinique

L'organigramme de la ROSETTE reflète une structure hiérarchique efficace visant à assurer une gestion transparente et optimale de ses opérations :

- ❖ Au sommet de cette hiérarchie se trouve le Directeur General, chargé de superviser l'ensemble des activités des cliniques, établissant la vision stratégique, veillant à la cohérence globale et représenter les cliniques lors des différentes assemblées.
- ❖ Le volet financier est géré par le Comptable, qui assure la gestion prudente des ressources financières, garantissant la stabilité économique des cliniques.
- ❖ La responsable commerciale, quant à elle, est responsable du développement des partenariats et de la promotion des services, contribuant ainsi à la croissance et à la visibilité du groupe.
- ❖ Au niveau de la gestion des ressources humaines, la ROSETTE dispose de deux Responsables du Personnel, l'un basé à sein de la clinique à Abidjan et l'autre à San Pedro. Ils supervisent les aspects liés à la gestion des employés, du recrutement à la formation continue, assurant un environnement de travail harmonieux et professionnel.
- ❖ Enfin, pour la gestion des équipements et des laboratoires, le groupe dispose d'une équipe de professionnels dédiée aux laboratoires. Ces experts s'occupent de la maintenance des appareils médicaux, de la qualité des échantillons et du bon

fonctionnement des installations, garantissant ainsi des diagnostics fiables et précis.

L'ensemble de cet organigramme reflète la volonté de la ROSETTE de fournir des services de santé de qualité avec une approche holistique et bien organisée.

3. Présentation des différents services de la Rosette

Les cliniques offrent une gamme complète de services médicaux allant de l'imagerie médicale à la consultation spécialisée guidée par une équipe qualifiée. A cet effet nous avons :

- L'ORL qui est une spécialité médicale et chirurgicale concernant la physiologie et les maladies qui affectent les oreilles, le nez et la gorge (larynx et pharynx). Elle s'intéresse ainsi aux traitements des affections d'une région anatomique comprise entre la base du crâne et l'orifice supérieur du thorax : infections, surdités, vertiges, tumeurs, chirurgie des amygdales, des végétations, des glandes parotides et de la thyroïde.
- L'ECG est un examen majeur en cardiologie qui permet d'effectuer des diagnostics précis, notamment celui de troubles du rythme, de l'infarctus ou de péricardite
- La Pédiatrie est la spécialité médicale qui s'intéresse à l'enfant et à ses maladies, depuis la vie intra-utérine (avec la collaboration des obstétriciens) jusqu'au terme de l'adolescence.
- L'Ophtalmologie est la branche de la médecine chargée du traitement des maladies de l'œil et de ses annexes. C'est une spécialité médico-chirurgicale.
- La MAPA (Mesure Ambulatoire de la Pression Artérielle) permet de faire un suivi précis de la tension artérielle avec une réalisation de plusieurs mesures tout au long de la journée. Ces mesures multiples vont permettre d'évaluer l'état tensionnel du malade dans toutes les situations qui peuvent se présenter au cours d'une journée
- La Fibroscopie œso-gastro-duodénale ou fibroscopie digestive est un examen qui permet de visualiser l'intérieur du tube digestif haut (œsophage, estomac, duodénum) grâce à l'introduction d'un tube flexible appelé fibroscope ou endoscope
- L'Audiogramme consiste à faire entendre un son de fréquence pure avec une intensité de plus en plus forte, pour apprécier à partir de quelle intensité le patient commence à percevoir cette fréquence. Ce seuil auditif dit "liminaire" s'exprime en décibels (dB) par rapport à l'audition des sujets normaux
- La mammographie est une modalité de l'image médicale mettant en œuvre la radiographie des seins. Elle permet d'obtenir les images des tissus intérieur et ainsi de

détecter d'éventuelles anomalies, notamment des nodules, qui peuvent être signes d'un cancer du sein

- La Radiologie IRM est une technique d'imagerie médicale qui utilise les rayons X et les radiations ionisantes à des fins diagnostiques ou thérapeutiques
- Le Scanner, aussi appelé tomодensitométrie, est un examen qui donne des images en coupe d'un organe. Il a pour objectif de donner plus de précisions sur les résultats d'une radiographie ou d'une échographie, comme la localisation et l'étendue d'une lésion sur un organe ou un tissu.
- L'Echographie est une technique d'imagerie employant des ultrasons. Elle est utilisée de manière courante en médecine humaine et vétérinaire, mais peut aussi être employée en recherche et dans l'industrie
- La Cardiologie est la spécialité de la médecine qui étudie le cœur et les vaisseaux (artères et veines), qui précise leur fonctionnement (normal ou pathologique) et qui propose des traitements (médicaux, endovasculaires ou chirurgicaux)

IV. CONCEPTION DU SYSTEME LE MIEUX ADAPTE

L'étape de conception dans le projet de développement d'un système PV pour une clinique constitue un pilier essentiel. C'est ici que la planification méticuleuse et détaillée se déploie, s'étendant de l'analyse précise des besoins énergétiques spécifiques à la clinique à la définition rigoureuse des objectifs de performance. Chaque étape de ce processus est soigneusement orchestrée pour garantir l'élaboration d'un système parfaitement adapté. A travers des phases telles que le bilan énergétique approfondi, l'évaluation attentive des besoins énergétiques, l'analyse rigoureuse du site, la clarté des objectifs de performance, et enfin le choix réfléchi du système optimal, nous plongeons dans une exploration minutieuse. Là où l'expertise technique fusionne avec une vision stratégique, cette phase de conception vise à donner naissance à un système PV sur mesure, prêt à fournir une alimentation énergétique fiable et continue à la clinique.

1. Collecte de données

La collecte dans la démarche de conception du système optimal pour la clinique est une évaluation approfondie de la consommation d'énergie actuelle et des systèmes énergétiques

en place. Son objectif principal est de fournir une base d'informations complète pour orienter la conception du système PV.

a) Inventaire des équipements électriques

Tableau 1 : Inventaires des équipements

Désignation Local	Type d'appareil	Marque d'appareil	Nombre d'appareil	Puissance plaque signalétique (W)
Terrasse	Ampoule néon 1,2m	Sylvania	4	36
Accueil	Réglette LED	Generic	6	20
	Ordinateur bureau	HP	1	80
	Split 2CV	Midéa	2	1471
	Téléphone fixe	Alcatel	1	5
	Imprimante	HP	1	100
	Ventilateur	Crown	1	50
	Imprimante	Canon	1	810
	TV	Smart	1	200
Salle de consultation générale	Réglette LED	Generic	2	20
	Téléphone fixe	Alcatel	1	5
	Split 1CV	Midéa	1	736
	Electrocardiographe	Fukuda Denshi	1	70
	Ordinateur bureau	HP	1	80
Bureau responsable	Spot LED plafond	Leroy merlin	4	6
	Téléphone fixe	Alcatel	1	5
	Réfrigérateur	Smart	1	118
	Split 1,5CV	Smart	1	736
	Ordinateur portable	HP	1	60
	Imprimante	HP	1	100
	Ampoule (Veilleuse)	Leroy merlin	1	7,5
Salle d'échographie	Spot LED plafond	Leroy merlin	8	6
	Imprimante	FUJIFILM	1	230
	Appareil d'échographie	MINDRAY	1	900
	Split 2CV	Midéa	1	1471
Salle radio	Spot LED plafond	Leroy merlin	8	6
	Split 1,5CV	Midéa	1	1103
	Numerisateur	FCR Capsula	1	250
	Appareil radio	Corsix-R32	1	30000
Salle scanner	Spot LED plafond	Leroy merlin	12	6
	Veilleuse	Hontai store	1	10
	Split 2CV	Smart	1	1471
	Ordinateur bureau	HP	1	80
	Appareil scanner x	Canon	1	50000

Salle de prélèvement	Spot LED plafond	Leroy merlin	2	6
	Appareil de numération	Mindray	1	230
Laboratoire	Réglette LED	Generic	4	20
	Split 2CV	Nasco	1	1471
	Veilleuse	Hontai store	1	10
	Spectro	URIT-810	1	130
	Négatoscope	Holtex	1	65
	Déshumidificateur	Nasco	1	310
	Centrifugeuse	Universal	1	800
	Microscope	Nikon metrology	1	75
	Homogénéiseur	Pro scientifique	1	86
	Distillateur	Nahita	1	2000
	Ordinateur bureau	HP	1	80
Réfectoire	Ampoule néon	Sylvania	2	18
	Réfrigérateur	Nasco	1	300
	Cafetière	Nasco	1	1500
Cours arrière	Ampoule néon	Sylvania	6	18

b) Analyse de la collecte de données

L'analyse de la collecte de données concernant les équipements électriques de la clinique révèle plusieurs éléments importants. Tout d'abord, la plupart des luminaires sont des LED, ce qui représente un avantage en termes d'efficacité énergétique par rapport aux ampoules traditionnelles. Les appareils électroménagers sont également neufs et bien dimensionnés pour les locaux où ils sont installés, ce qui limite les pertes d'énergie et optimise leur fonctionnement.

En ce qui concerne les systèmes climatisation (splits), leur répartition dans les différents endroits de la clinique en fonction des besoins montre une gestion efficace de la consommation énergétique. Les appareils à usage médical pour l'imagerie sont également pris en compte, nécessitant une amélioration électrique stable et fiable pour assurer leur bon fonctionnement.

Cette répartition des équipements électriques dans 11 endroits différents de la clinique démontre une attention particulière portée à la gestion énergétique et à l'optimisation des ressources. Cependant, il est important de noter que malgré ces efforts, il reste toujours des marges d'amélioration possibles, notamment en termes d'efficacité énergétique des appareils et de gestion intelligente de la consommation électrique.

Dans le cadre de notre projet de conception d'un système PV, cette analyse des équipements

électriques existants nous permettra de mieux comprendre les besoins énergétiques spécifiques de la clinique et d'adapter notre solution en conséquence.

2. Evaluation des besoins énergétiques

L'évaluation des besoins énergétiques est un processus systématique visant à quantifier et analyser la quantité d'énergie requise pour répondre aux besoins d'un système. Cette évaluation est cruciale pour concevoir et mettre en œuvre des solutions énergétiques efficaces et durables.

a) Bilan énergétique

Tableau 2 : Bilan énergétique

Type d'appareil	Nombre d'appareil	Puissance plaque signalétique (W)	Rendement de l'appareil	Puissance de l'appareil (W)	Total puissance de l'appareil (W)	Temps d'utilisation (H)	Energie consommée par jour (Wh)
Ampoule néon 1,2m	4	36	1	36	144	9	1296
Réglette LED	6	20	1	20	120	8	960
Ordinateur bureau	1	80	1	80	80	8	640
Split 2CV	2	1471	0,86	1265,06	2530,12	5	12650,6
Téléphone fixe	1	5	1	5	5	8	40
Imprimante	1	100	1	100	100	3	300
Ventilateur	1	50	1	50	50	1	50
Imprimante	1	810	1	810	810	1	810
TV	1	200	1	200	200	8	1600
Réglette LED	2	20	1	20	40	8	320
Téléphone fixe	1	5	1	5	5	8	40
Split 1CV	1	736	0,86	632,96	632,96	5	3164,8
Electrocardiographe	1	70	1	70	70	3	210
Ordinateur bureau	1	80	1	80	80	4	320
Spot LED plafond	4	6	1	6	24	6	144
Téléphone fixe	1	5	1	5	5	8	40
Réfrigérateur	1	118	0,86	101,48	101,48	10	1014,8
Split 1,5CV	1	736	0,86	632,96	632,96	5	3164,8
Ordinateur portable	1	60	1	60	60	3	180
Imprimante	1	100	1	100	100	2	200
Ampoule (Veilleuse)	1	7,5	1	7,5	7,5	1	7,5
Spot LED plafond	8	6	1	6	48	5	240
Imprimante	1	230	1	230	230	2	460
Appareil d'échographie	1	900	1	900	900	1	900

Split 2CV	1	1471	0,9	1323,9	1323,9	5	6619,5
Spot LED plafond	8	6	1	6	48	6	288
Split 1,5CV	1	1103	0,9	992,7	992,7	5	4963,5
Numerisateur	1	250	1	250	250	1	250
Appareil radio	1	30000	1	30000	30000	0,5	15000
Spot LED plafond	12	6	1	6	72	6	432
Veilleuse	1	10	1	10	10	1	10
Split 2CV	1	1471	0,86	1265,06	1265,06	5	6325,3
Ordinateur bureau	1	80	1	80	80	4	320
Appareil scanner x	1	50000	0,9	45000	45000	0,5	22500
Spot LED plafond	2	6	1	6	12	4	48
Appareil de numération	1	230	1	230	230	1	230
Réglette LED	4	20	1	20	80	8	640
Split 2CV	1	1471	0,86	1265,06	1265,06	5	6325,3
Veilleuse	1	10	1	10	10	8	80
Spectro	1	130	1	130	130	1	130
Négatoscope	1	65	1	65	65	1	65
Déshumidificateur	1	310	0,86	266,6	266,6	3	799,8
Centrifugeuse	1	800	1	800	800	0,5	400
Microscope	1	75	1	75	75	4	300
Homogénéiseur	1	86	1	86	86	0,5	43
Distillateur	1	2000	0,9	1800	1800	0,5	900
Ordinateur bureau	1	80	1	80	80	4	320
Ampoule néon	2	18	1	18	36	4	144
Réfrigérateur	1	300	0,86	258	258	12	3096
Cafetière	1	1500	1	1500	1500	1	1500
Ampoule néon	6	18	1	18	108	9	972
				Total	92819,34		101453,9

Le bilan énergétique révèle un besoin de 101,454 kWh par jour pour la clinique, ce qui constitue une information cruciale pour la conception d'un système photovoltaïque. Cette information capitale offre des opportunités précieuses pour mettre en œuvre des solutions énergétiques renouvelables, réduire les coûts et s'aligner sur des principes de durabilité, ce qui peut avoir un impact positif sur divers aspects de la clinique.

b) Evaluation des profils de charges

Il s'agit ici de faire une répartition par usages afin de déterminer, le groupes d'équipements le plus énergivore de la clinique pour axer l'étude sur les besoins spécifiques.

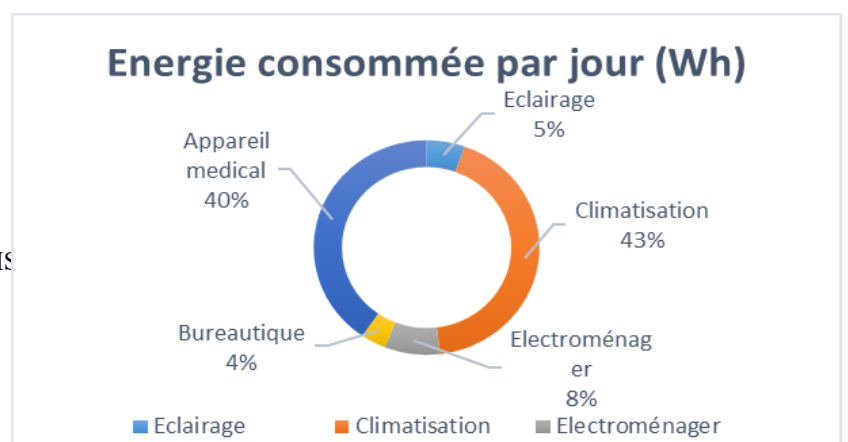


Tableau 3 : Répartition par usage

Appareil	Energie consommée par jour (Wh)
Eclairage	5581,5
Climatisation	43213,8
Electroménager	8060,6
Bureautique	3670
Appareil médical	40928

L'analyse du diagramme de consommation d'énergie par jour révèle une répartition détaillée et significative des postes de consommation. Parmi les données saillantes :

- La climatisation émerge comme le principal contributeur, représentant une part considérable de 43%. Cette observation souligne l'importance de cibler des stratégies d'optimisation de l'efficacité énergétique dans les systèmes de climatisation, peut être par l'adoption de technologies plus écoénergétiques ou la mise ne place de politiques de gestion thermique.
- Le groupe d'appareil médical, occupant une part substantielle de 40%, se positionne comme un élément prépondérant dans la consommation quotidienne. Cette catégorie spécifique nécessite une attention particulière en termes d'efficacité énergétique et de gestion, compte tenu de son impact significatif.
- L'électroménager, bien que contribuant à 8%, représente une part relativement plus modeste de la consommation totale. Toutefois, optimiser cette catégorie peut encore apporter des gains appréciables en adoptant des solutions plus économes en énergie.
- La bureautique et l'éclairage, avec des parts respectives de 4% et 5%, sont des contributeurs importants mais relativement stables. Des pratiques écoénergétiques dans ces domaines peuvent contribuer à une gestion plus efficace de l'énergie.

En somme, cette évaluation indique clairement la nécessité d'élaborer une stratégie d'efficacité énergétique qui cible spécifiquement les postes de consommation majeurs, en mettant en œuvre des technologies plus efficaces et des politiques de gestion adaptées.

3. Analyse du site

L'analyse du site pour l'installation d'un système PV est une étape importante qui détermine la viabilité et l'efficacité du projet.

Une analyse approfondie du site garantit que l'installation est optimale, maximisant ainsi la production d'énergie solaire tout en répondant aux besoins spécifiques de la clinique et en respectant les réglementations locales. Cette analyse se fera selon les étapes suivantes :

a) Surface disponible

Le site de la clinique à San Pedro est caractérisé par une superficie totale de 500 m². Il s'agit d'une structure à deux niveaux, avec un rez-de-chaussée abritant la clinique et un premier étage actuellement consacré à des logements inachevés.

En ce qui concerne l'installation des panneaux solaires, la surface disponible sur le toit a été évaluée à 389 m². Ce toit offre une opportunité stratégique pour l'implantation de panneaux solaire, présentant une surface considérable pour maximiser l'exposition au soleil. Cette surface disponible sur le toit sera utilisée de manière efficace pour accueillir les panneaux solaires contribuant ainsi à une transition vers une source d'énergie durable et économique pour la clinique. Une analyse plus approfondie sera entreprise pour optimiser l'agencement des panneaux en fonction de leur surface, tenant compte de la structure existante et impératifs technique pour garantir la réussite de ce projet.

b) Climat et Ensoleillement local

Le climat de la CI est principalement tropical. La CI est la zone de transition entre le climat équatorial humide et le climat tropical sec, ce qui permet au pays d'être divisé en deux zones principales (le sud et le nord). Il existe quatre types de climat en CI avec des saisons spécifiques et une température oscillant autour de 28°C en moyenne.

La ville de San Pedro qui fait l'objet de notre étude est située à l'extrême sud-ouest de la CI avec un climat subéquatorial qui est caractérisé par des températures de faibles amplitudes de (25° C à 30° C), un fort taux d'humidité (de 80 à 90 %) et des précipitations abondantes, qui atteignent à Abidjan 1766 mm³ et à Tabou 2129 mm³.

Cette zone du pays connaît quatre saisons dont deux saisons sèches et deux saisons humides. La grande saison sèche, chaude, est entrecoupée de quelques pluies et s'étend du mois de Décembre au mois d'Avril. La petite saison sèche couvre les mois d'Aout et de Septembre. Quant aux saisons de pluie, elles s'échelonnent de mai à juillet pour la grande et d'octobre à

novembre pour la petite.

La zone sud-ouest de la CI bénéficie d'un ensoleillement considérable, créant un environnement propice à l'exploitation de l'énergie solaire. Cette caractéristique constitue un atout pour le développement de projets solaires et la promotion de solutions énergétiques durables dans la région.

Tableau 4 : Données climatiques de la zone de San Pedro extraient de la station météo

Mois	Ensoleillement (h/j)	T moyenne min (°C)	T moyenne max (°C)	T record min (°C)	T record max (°C)	Précipitations (mm)	Jours de pluie
Janvier	6	23	32	17	36	20	2
Février	6	24	32	17	41	36	3
Mars	6	24	32	20	36	41	4
Avril	7	24	32	20	35	109	7
Mai	5	24	31	15	34	210	14
Juin	3	24	29	21	32	342	15
Juillet	4	23	28	21	39	100	7
Aout	3	22	28	14	31	60	7
Septembre	4	23	29	20	31	66	9
Octobre	6	24	30	21	32	139	11
Novembre	7	23	30	20	33	128	12
Décembre	6	23	31	19	34	61	5

Source : Info climat

Tableau 5 : Estimation du rayonnement solaire de San Pedro

Mois	Température moyenne (°C)	Rayonnement solaire (kWh/m2/j)
Janvier	27,5	6,77

Février	28	6,89
Mars	28	6,89
Avril	28	6,89
Mai	27,5	6,77
Juin	26,5	6,52
Juillet	23	5,66
Août	22	5,15
Septembre	26	6,40
Octobre	27	6,65
Novembre	26,5	6,52
Décembre	27	6,65

Source : Climats voyages

c) Normes et réglementations locales

Les normes et réglementations relatives l'installation des systèmes d'autoproduction d'énergie renouvelables en Côte d'Ivoire sont définies dans le document « *Arrêté n° 327 MMPE/DGE du 09 Décembre 2022 relatif aux seuils de puissance installée dans le cadre des régimes juridiques applicables à toute activité d'autoproduction, ainsi que les conditions d'obtention de l'autorisation d'exercer l'activité d'autoproduction* » du ministère des mines, du pétrole et de l'énergie. Voici quelques points généraux à considérer :

Article 3 : Quel que soit le régime juridique auquel il est soumis, l'autoprodacteur doit respecter les standards et normes en vigueur dans le domaine de l'électricité notamment, celle listées dans le décret 2016-1152 du 28 décembre 2016 rendant certaines normes d'application obligatoire.

En particulier, les installations d'autoproduction doivent répondre aux exigences de sécurité et de respect de la réglementation environnementale.

Article 4 : Le régime de la liberté n'est subordonné à aucune déclaration ou autorisation préalables, ni au paiement d'aucun frais.

Ce régime s'applique aux installations d'autoproduction dont la puissance installée est inférieure ou égale à :

- 20 kW pour l'autoproduction à base de sources d'énergies conventionnelles
- 0,5 kW pour l'autoproduction à base de sources d'énergies renouvelables.

Article 5 : le régime de déclaration préalable est sans frais, et s'applique aux installations d'autoproduction dont la puissance installée est :

- Strictement supérieure à 20 kW et strictement inférieure à 400 kW pour l'autoproduction à partir de source d'énergie conventionnelle
- Strictement supérieure à 0,5 kW et strictement inférieure à 20 kW pour l'autoproduction à partir de source d'énergie renouvelables.

Article 10 : le régime de l'autorisation préalable s'applique aux installations d'autoproduction dont la puissance installée est égale ou supérieure à :

- 400 kW, pour l'autoproduction à base d'une source d'énergie conventionnelle, que celle-ci soit reliée ou non au réseau interconnecté ou à un réseau isolé susceptible de l'alimenter
- 20 kW, pour l'autoproduction à base d'une source d'énergie renouvelable, que celle-ci soit reliée ou non au réseau interconnecté ou à un réseau isolé susceptible de l'alimenter

Article 12 : L'autorisation préalable est obligatoire pour que l'autoprodacteur puisse exercer son activité.

Article 14 : l'autorisation préalable applicable à toute autoproduction est délivrée par le Ministre chargé de l'énergie, après avis de la commission chargée de l'examen des demandes d'autorisation, créée- par l'arrêté portant création, attributions, organisation et fonctionnement de la commission chargée de l'examen des demandes d'autorisation en application de l'article 32 de la loi n°2014-132 du 24 mars 2014 portant code de l'électricité.

Article 15 : les demandes d'autorisation d'autoproduction doivent être accompagnées des pièces justificatives suivantes :

- Pour les personnes physiques :
 - Une demande détaillant les raisons de la demande
 - Une copie de la carte d'identité nationale ou du passeport de l'intéressé en cours de validité
 - Le récépissé de versement des frais de dossiers pour l'autorisation d'autoproduction
 - Un certificat de résidence de l'intéressé
 - L'extrait de casier judiciaire établi depuis moins de trois (3) mois
 - Formulaire dûment rempli (à joindre dans l'annexe du rapport)
- Pour les personnes morales :
 - Une demande détaillant les raisons de la demande

- Le récépissé de versement des frais de dossiers pour l'autorisation d'autoproduction
- Une copie du registre de commerce et du crédit mobilier
- Une attestation de régularité de situation fiscale de l'exercice précédent, délivrée par la Direction Générale des impôts
- Une attestation de la caisse nationale de la prévention social (CNPS) datant de moins de trois (3) mois
- Formulaire dûment rempli

Article 27 : Quiconque réalise et exploite une infrastructure d'autoproduction sans déclaration préalable, ni autorisation préalable alors que les seuils de puissance installée l'exigent, est puni conformément aux dispositions de l'article 53 de la loi n° 2014-132 du 24 mars 2014 portant code de l'électricité.

4. Détermination des objectifs de performance

Dans le cadre de la conception d'un système PV, plusieurs objectifs de performances doivent être déterminés pour garantir l'efficacité et la fiabilité du système. Les plus importants à prendre en compte dans notre projet sont :

a) La production d'énergie

L'un des principaux objectifs est de déterminer la quantité d'énergie que le système PV doit produire, ce qui dépend des besoins énergétiques de la clinique exprimés généralement en kilowattheures (kWh) par jour.

L'objectif principal de la production d'énergie est de garantir que le système fournit suffisamment d'électricité pour répondre aux énergétiques de la clinique. Cela inclut l'alimentation en énergie des équipements, de appareils et des systèmes nécessaires au bon fonctionnement des activités de la clinique. Le système doit être capable de produire une quantité d'énergie adéquate pour couvrir la majorité, voire la totalité, des besoins énergétiques sans dépendre excessivement du réseau électrique conventionnel.

b) Le rendement des panneaux

Un objectif crucial est d'atteindre un taux de conversion énergétique des panneaux solaires exprimé en pourcentage (%). Ce taux représente la capacité des panneaux à transformer la lumière du soleil en électricité. Le choix minutieux de panneaux solaires de haute qualité avec un bon rendement de conversion élevé est essentiel pour optimiser la production du système

PV. Plus ce taux est élevé, plus le panneau solaire peut générer de l'électricité à partir de la même quantité de lumière solaire.

Différentes technologies de panneaux solaires offrent des taux de conversion variables. Par exemple, les panneaux solaires monocristallins et polycristallins ont généralement des taux de conversion plus élevés que les panneaux solaires amorphes. Le choix de la technologie peut donc influencer directement le taux de conversion global du système. Ainsi de nombreux facteurs, tels que l'angle d'inclinaison et d'orientation des panneaux par rapport au soleil, la température ambiante et la propreté des panneaux, peuvent également influencer ce taux.

c) Performance en conditions variables

Il est crucial de prendre en compte la performance du système dans des conditions variables telles que les jours nuageux, les variations saisonnières et les fluctuations de température. Le système doit être conçu pour fonctionner de manière optimale malgré ces variations, qu'il s'agisse de journée ensoleillée, nuageuse, pluvieuse ou venteuse. Ses performances devraient idéalement rester stables et visibles dans ces différentes conditions.

Les systèmes PV peuvent être exposés à divers éléments environnementaux tels que la température, l'humidité, la poussière et les variations saisonnières. Il est essentiel de garantir la performance du système pour qu'il puisse résister à ces facteurs et maintenir une production d'énergie efficace.

En prenant en compte ces conditions variables, il est possible d'optimiser la production d'énergie solaire en ajustant des paramètres tels que l'angle et l'orientation des panneaux, la gestion de l'ombre et l'utilisation des technologies de suivi solaire.

d) Intégration au réseau électrique

Si le système doit être connecté au réseau électrique, l'objectif est de garantir une intégration harmonieuse et une performance stable, tout en respectant les normes et réglementations locales.

L'intégration au réseau offre une fiabilité accrue en cas de fluctuations de la production solaire. L'utilisateur peut toujours compter sur l'approvisionnement en électricité du réseau lorsque la production solaire est limitée garantissant ainsi un approvisionnement continu et fiable en énergie.

De plus, l'intégration au réseau réduit souvent la nécessité d'avoir des systèmes de stockage d'énergie.

e) Optimisation de l'autoconsommation

L'autoconsommation implique l'utilisation locale de l'énergie solaire produite par le système PV pour répondre aux besoins énergétiques de l'utilisateur. Cette approche réduit la dépendance au réseau électrique conventionnel et favorise l'indépendance énergétique.

En maximisant l'autoconsommation, on garantit que l'électricité solaire produite est utilisée directement pour alimenter les équipements de l'utilisateur au moment même où elle est générée. Cela permet d'exploiter pleinement l'énergie solaire disponible et de minimiser les pertes liées à l'exportation de l'excédent vers le réseau.

Pour les systèmes avec stockage d'énergie, l'objectif est d'optimiser l'autoconsommation en utilisant efficacement l'énergie solaire produite et en minimisant les pertes.

L'autoconsommation permet de réaliser des économies sur la facture d'électricité en réduisant les achats d'électricité auprès du réseau. En optimisant ce paramètre, on améliore la rentabilité globale du système PV, et les économies réalisées sur les factures d'électricité peuvent contribuer à amortir l'investissement initial dans le système plus rapidement, ce qui rend le projet plus attrayant sur le plan financier.

f) Les coûts opérationnels

La réduction des coûts opérationnels est un objectif important dans la conception et l'exploitation d'un système PV. Un système bien conçu et installé nécessite généralement peu de maintenance régulière. En minimisant les besoins en entretien, on diminue les coûts associés à la maintenance des équipements et à l'intervention technique.

De plus, en choisissant des composants de qualité et en procédant à une installation correcte, on assure la durabilité et la fiabilité du système, ce qui réduit les risques de pannes et de dysfonctionnements. Cela se traduit par moins de coûts liés aux réparations et aux interruptions d'exploitation.

L'utilisation d'outils de surveillance et de contrôle efficaces installés dans le système PV permet de détecter rapidement toute anomalie. Cela permet d'effectuer des interventions préventives avant que les problèmes ne deviennent critiques, réduisant ainsi les coûts de réparation et de remplacement.

Enfin, inclure la formation du personnel chargé de l'exploitation et de la maintenance du système dans le projet pour réduire les erreurs humaines, améliorer l'efficacité des opérations et également réduire les coûts liés à la main d'œuvre.

5. Les différents types de systèmes

Il existe plusieurs types de systèmes PV que nous allons énumérer et ferons notre choix en fonction de leur configuration, de leur application, de leur mode de fonctionnement et des exigences du client.

a) Les systèmes PV en site isolé (Off-grid)

Les systèmes PV en site isolé sont des installations autonomes qui ne sont pas connectées au réseau électrique public et utilisent des batteries pour stocker l'énergie produite. Ces systèmes offrent la possibilité d'avoir accès à l'électricité dans des endroits reculés où le réseau électrique n'est pas disponible.

Les avantages de ces systèmes sont :

- Une autonomie énergétique, les off-grid permettent une autonomie énergétique, sans dépendre du réseau public
- La flexibilité d'installation, ils peuvent être installés dans des endroits éloignés ou difficilement accessibles, où l'extension du réseau serait coûteuse
- Les faibles émissions, ils contribuent à réduire les émissions de gaz à effet de serre en utilisant une source d'énergie renouvelable et propre.

Les inconvénients sont :

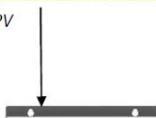
- Le coût initial, les coûts initiaux d'installation peuvent être plus élevés en raison de la nécessité d'ajouter des composants de stockage d'énergie (batteries)
- La maintenance, ils nécessitent une maintenance régulière des batteries et des composants pour assurer un fonctionnement optimal
- La limitation de capacité, la capacité de stockage des batteries peut limiter la quantité d'électricité disponible, surtout pendant les périodes de faible ensoleillement

Malgré ces inconvénients, les systèmes photovoltaïques en site isolé offrent une solution efficace pour fournir de l'électricité dans des endroits reculés où les alternatives traditionnelles ne sont pas viables. Ils jouent un rôle crucial dans l'amélioration de l'accès à l'énergie, le développement rural et la promotion de l'énergie propre et renouvelable.

AN



Champs PV



b) Les systèmes PV raccordés au réseau électrique (Grid-tied)

Les systèmes PV raccordé au réseau sont des installations solaires connectées au réseau électrique public. Ils fonctionnent en parallèle avec le réseau et peuvent importer ou exporter de l'électricité en fonction de la production solaire et des besoins de l'utilisateur.

Les avantages de ces systèmes sont :

- Les économies d'énergies, ils permettent de réaliser des économies sur la facture d'électricité en utilisant l'électricité solaire produite localement et en minimisant l'achat de l'électricité du réseau
- La vente d'énergie, en cas de production excédentaire, l'utilisateur peut bénéficier des tarifs de rachat avantageux pour l'électricité exporté vers le réseau.
- L'impact environnemental, ils contribuent à réduire les émissions de GES (gaz à effet de serre) en utilisant une source d'énergie propre et renouvelable

Ces inconvénients sont :

- La dépendance au réseau électrique conventionnel, ils restent dépendants du réseau électrique pour fonctionner, ce qui peut poser des problèmes en cas de pannes ou de coupures de courant prolongées
- Le coût initial, les coûts initiaux d'installation et d'équipement peuvent être plus élevés que les systèmes autonomes.
- La réglementation, certains pays ou régions ont des réglementations spécifiques pour les systèmes raccordés au réseau, ce qui peut impliquer des démarches administratives supplémentaires.

NB : Pour lors, la commercialisation de l'électricité n'est pas encore libéralisée en CI d'où un particulier ne peut vendre l'excédent produit.

Malgré ces inconvénients, les systèmes PV raccordés au réseau jouent un rôle clé dans la transition vers une énergie plus propre et dans la promotion de l'autoconsommation et de la production décentralisée d'électricité.

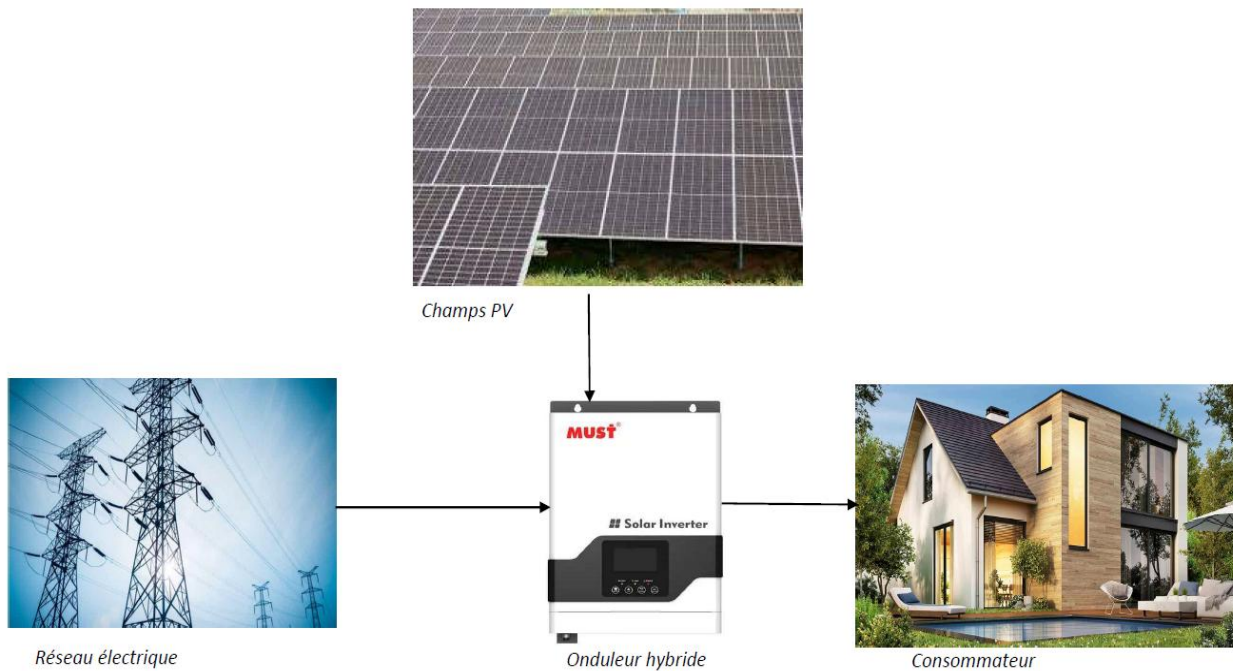


Figure 4 : Système PV connecté au réseau

c) Les systèmes PV hybrides

Ce sont des systèmes qui combinent plusieurs sources d'énergies telles que des générateurs diesel, des éoliennes ou des systèmes de stockage d'énergies (batteries) pour répondre aux besoins énergétiques de manière plus flexible et efficace.

Ces avantages sont :

- La fiabilité améliorée, en combinant différentes sources d'énergie comme le solaire, l'éolien, les groupes électrogènes ou les packs de batteries, les systèmes hybrides offrent une alimentation plus stable et fiable. Cela réduit les risques de pannes et de coupures d'électricité
- La flexibilité, ils permettent de s'adapter aux variations de la demande énergétique et des conditions météorologiques. Ils peuvent basculer entre les sources d'énergie en

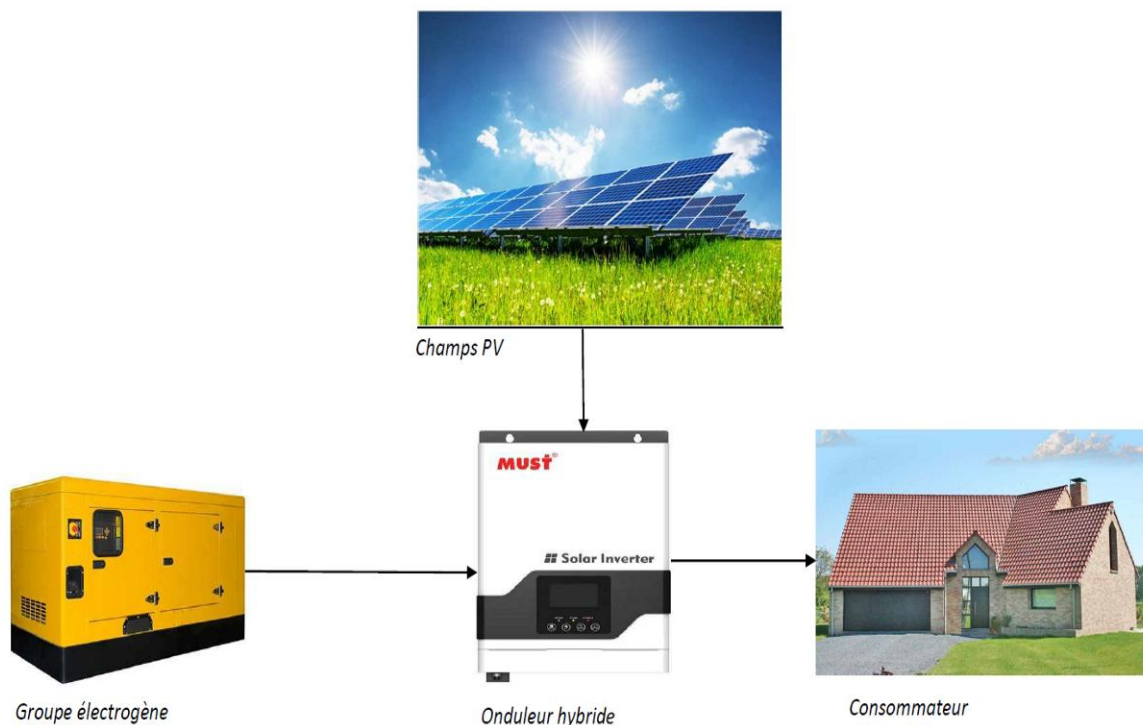
fonction de la disponibilité et de la demande, optimisant ainsi l'utilisation des sources

- La réduction des coûts, en utilisant l'énergie solaire et l'éolienne, les systèmes hybrides peuvent réduire les coûts d'approvisionnement en énergie provenant du réseau électrique ou des générateurs diesel. Cela entraîne des économies à long terme, surtout dans les zones où le coût de l'électricité est élevé
- L'impact environnemental, en intégrant des sources d'énergie renouvelable comme le solaire et l'éolien, les systèmes hybrides contribuent à réduire les émissions de GES et promouvoir le développement durable.

Ces inconvénients sont :

- La complexité technique, la conception et l'installation des systèmes hybrides peuvent être complexes en raison de la gestion de plusieurs sources d'énergie et de la nécessité de dispositifs de contrôle sophistiqués
- Les coûts initiaux, les coûts initiaux d'investissement pour les systèmes peuvent être plus élevés en raison de l'ajout de composants supplémentaires comme des batteries de stockage ou des convertisseurs d'énergie
- La maintenance, ces systèmes nécessitent une maintenance régulière pour assurer un fonctionnement optimal de chaque composant. Cela peut entraîner des coûts supplémentaires en termes de main d'œuvre et de pièces de rechange

Les systèmes PV hybrides offrent de nombreux avantages en termes de fiabilité, de flexibilité, d'économies d'énergie et d'impact environnemental positif cependant, ils nécessitent une gestion et une maintenance appropriée pour garantir leur performance optimale sur le long terme.



d) Systèmes PV au fil du soleil

Les systèmes PV au fil du soleil sont des systèmes sans stockage (batteries) ni raccordés à d'autres sources d'alimentations. Ce sont des installations qui fonctionnent uniquement à partir de l'énergie solaire captée par les panneaux.

Ces avantages sont :

- L'indépendance énergétique, ces systèmes sont autonomes dans la mesure où ils ne dépendent pas du réseau électrique et peuvent être utilisés dans les endroits où l'accès au réseau est difficile ou coûteux
- La simplicité de l'installation, en ne nécessitant pas de stockage ni de composants supplémentaires, ces systèmes sont souvent plus simples à concevoir, installer et entretenir que des systèmes avec stockage ou raccordé au réseau.
- La fiabilité, en éliminant les éléments comme les batteries qui peuvent être sujets à l'usure et à la défaillance, les systèmes sans stockage peuvent offrir une fiabilité accrue à long terme
- Les coûts initiaux sont réduits, en n'incluant pas de dispositifs de stockage coûteux, ces systèmes peuvent avoir des coûts initiaux plus bas que les autres systèmes.

Ces inconvénients :

- La disponibilité énergétique limitée, ces systèmes ne peuvent produire de l'électricité que lorsque le soleil brille. Cela limite leur disponibilité énergétique aux heures d'ensoleillement et peut entraîner des périodes sans production d'électricité
- L'inadaptation aux besoins continus, en raison de leur dépendance à la lumière solaire, ces systèmes peuvent ne pas être adaptés aux besoins en électricité continus ou à forte demande, sauf si des solutions de stockage ou d'appoint sont utilisées
- La gestion de la charge, les appareils électriques connectés à ces systèmes doivent être gérés pour s'assurer qu'ils fonctionnent lorsque l'énergie solaire est disponible et qu'ils ne surchargent pas le système.

Pour ces systèmes, on utilise généralement des onduleurs string, des micro-onduleurs ou encore des onduleurs centraux. Ces types d'onduleurs commencent à fonctionner dès que l'irradiation solaire atteint un niveau suffisant pour générer une tension d'entrée nominale. Les systèmes au fil du soleil offrent une solution simple pour l'alimentation en électricité dans des situations spécifiques cependant, ils ont des limites en termes de disponibilité énergétique et peuvent ne pas convenir à tous les besoins en électricité.

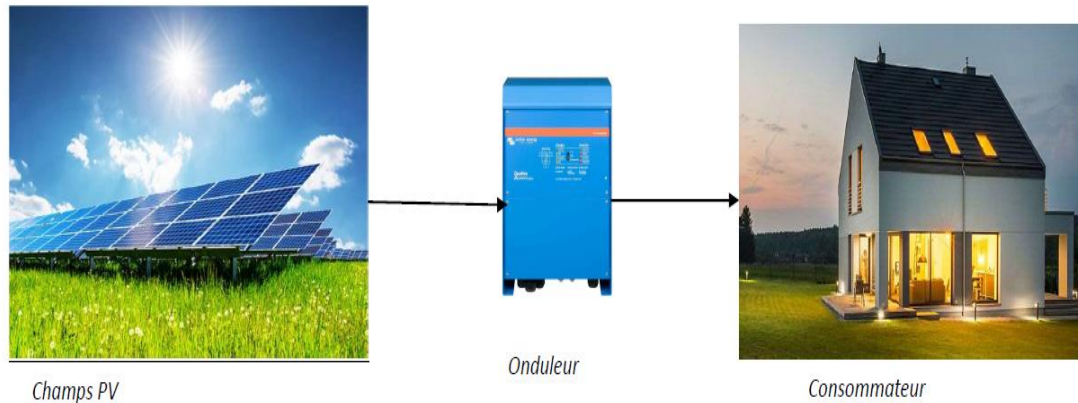


Figure 6 : Système PV au fil du soleil

6. Choix et fonctionnement de notre système le mieux adapté

a) Choix du système PV

Le choix du système photovoltaïque raccordé au réseau électrique conventionnel est le plus adapté pour ce projet, en tenant compte des avantages, des inconvénients et des besoins de la clinique.

Nous faisons ce choix à cause de la fiabilité de l'approvisionnement, en étant connecté au réseau électrique, le système peut garantir un approvisionnement constant en électricité, indépendamment des conditions météorologiques ou de la disponibilité de l'énergie solaire, à cause des coûts initiaux d'investissement qui peuvent être moins élevés par rapport aux systèmes autonomes et surtout à cause des horaires de fonctionnement de la clinique (de 07h30 à 16h30).

Ainsi nous trouvons que le système PV raccordé au réseau électrique apparaît comme un

choix judicieux pour ce projet, en offrant une combinaison d'avantages opérationnels, financiers et techniques qui répondent aux besoins et aux préférences de la clinique.

b) Fonctionnement de notre système PV

Notre système sera conçu pour fonctionner de manière à utiliser trois sources d'énergie notamment l'énergie solaire photovoltaïque, l'électricité du réseau de la Compagnie Ivoirienne d'Electricité et l'énergie stockée dans les batteries (sous l'appréciation du client). L'élément central de notre système sera un onduleur hybride équipé d'un système intelligent permettant de basculer automatiquement entre les différentes sources d'énergie sans interruption de l'alimentation et intègre des fonctionnalités de surveillance en temps réel via une plateforme de gestion en ligne.

L'énergie solaire photovoltaïque sera notre source principale, fournissant la majeure partie de l'électricité nécessaire au fonctionnement de la clinique. Cependant, en cas de déficit de la production solaire, le système basculera automatiquement sur la seconde source d'énergie, à savoir l'électricité du réseau de la CIE. Ce basculement automatique garantit un approvisionnement continu en électricité, même en cas de variations de la production solaire.

Le commutateur intégré à l'onduleur permettra la transition fluide entre les sources d'énergie, assurant ainsi un fonctionnement stable et fiable du système. De plus, le système de surveillance et de contrôle avancé permettra un suivi en temps réel de la production solaire, de la consommation électrique et du basculement entre les sources d'énergie, garantissant une gestion optimale de l'électricité dans la clinique.

En combinant l'énergie solaire, l'électricité du réseau et les batteries dans un système intelligent, notre solution vise à assurer une alimentation électrique efficace, durable et économique pour la clinique, tout en réduisant son impact environnemental.

V. DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PV PAR CALCUL

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque constitue une étape cruciale dans la conception et la mise en œuvre d'une installation solaire efficace et performante. Cette étape, souvent réalisée par le biais de méthodes de calcul ou d'outils spécifiques, vise à déterminer de manière précise les caractéristiques et les composants du système nécessaire pour répondre au besoin énergétique d'un site donné.

Dans le cadre de notre projet de conception et de dimensionnement du système pour alimenter

la clinique, nous avons recours à une méthodologie de calcul rigoureuse et éprouvée. Cette approche méthodologique nous permettra d'évaluer avec précision les paramètres techniques des équipements et la capacité de la production. Nous allons présenter en détail la méthodologie de calcul que nous avons adoptée pour dimensionner le système photovoltaïque destiné à notre projet et faire le choix des équipements pour l'installation.

1. Détermination des données techniques

a) Besoin en énergie par jour (Wh)

Le besoin énergétique journalier est un élément clé dans le dimensionnement d'un système photovoltaïque, car il permet de déterminer la capacité et la taille optimale du système. Pour obtenir le besoin en énergie journalier, il faut procéder par une collecte de données (*voir tableau 2*) c'est-à-dire rassembler toutes les informations pertinentes sur la consommation énergétique des appareils installés et additionner leurs consommations d'énergie journalière.

$$B_j = \sum \text{Energie ; en Wh}$$

$B_j = 101\,453,9 \text{ Wh}$; Voir tableau 2

b) Puissance du champ solaire

La puissance du champ représente la capacité de production électrique du système en fonction du besoin énergétique journalier, de l'ensoleillement et du rendement du système.

$$P_c = \frac{\text{Bésoin en energie}}{\text{Irradiation} * R_{\text{gen}}}$$

- Irradiation ($\text{kWh/m}^2/\text{j}$) : on prend le rayonnement quotidien le plus faible de l'année. Dans notre cas, il s'agit du rayonnement du mois d'Aout.
Irradiation = $5,15 \text{ kWh/m}^2/\text{j}$
- R_{gen} (Rendement du générateur PV) = 0,8 : ce sont des pertes dues à la poussière, à l'échauffement des modules, au câblage...

$$\text{AN : } P_c = \frac{101453,9}{5,15 * 0,8} = 24624,7 \text{ Wc}$$

La capacité du champ solaire pour alimenter la clinique dans le cadre de notre projet est de 24 624,7 Wc

c) Tension du système

La détermination de la tension est une étape essentielle dans le dimensionnement d'un système PV. Ce paramètre influe sur la performance globale du système, sa fiabilité et sa sécurité. Pour déterminer la tension du système, il faut prendre compte la puissance du champs PV.

- Si la puissance du champs $P_c \leq 0,5 \text{ kWc}$ alors $U = 12 \text{ v}$
- Si la puissance du champs $0,5 < P_c \leq 2 \text{ kWc}$ alors $U = 24 \text{ v}$
- Si la puissance du champs $2 < P_c \leq 10 \text{ kWc}$ alors $U = 48 \text{ v}$
- Si la puissance du champs $P_c > 10 \text{ kWc}$ alors $U > 48 \text{ v}$

Dans notre cas $P_c = 24,624 \text{ kWc}$, alors la tension minimale du système photovoltaïque doit être supérieure à 48v.

d) Capacité de stockage

La détermination de la capacité de stockage est nécessaire dans la conception et le dimensionnement d'un système photovoltaïque. Elle permet d'assurer la continuité de service.

Dans notre cas, le stockage permettra d'assurer la continuité de service pour l'éclairage et la bureautique en cas de indisponibilité de l'énergie solaire et du réseau CIE.

$$AN : C_{bat} = (9251,5 * 3) / (0,8 * 0,8 * 680) = 63,77 \text{ Ah}$$

- C_{bat} : Capacité du parc de batterie
- Besoin (éclairage + bureautique) : 9251,5 Wh
- Aut (Autonomie) : 3 jours d'autonomie
- DD (Durée de décharge) : elle varie de 0,5 et 0,8 pour les batteries solaires
- R_{bat} (Rendement de batterie) : 0,8
- U (Tension) : 680V

e) Puissance de l'onduleur

La détermination de la puissance de l'onduleur dans le dimensionnement d'un système PV est une étape cruciale pour garantir le bon fonctionnement et l'efficacité du système. L'onduleur doit avoir une puissance nominale suffisante pour gérer la puissance totale du champ.

Pour déterminer la puissance de l'onduleur, il faut tenir compte de la puissance totale des équipements.

- Puissance de simultanéité

Il s'agit de la puissance totale que multiplie le coefficient de simultanéité. Cette valeur permet de tenir compte du fait que tous les appareils électriques ne fonctionnent pas en même temps à leur pleine puissance. Pour une clinique, les coefficients de simultanéité peuvent être plus spécifiques en fonction des types d'appareils médicaux et des pratiques de consommation d'énergie : 0,7 pour l'éclairage ; 0,6 pour l'électroménager ; 0,8 pour la climatisation ; 0,8 pour les appareils médicaux et 0,7 pour la bureautique.

$$P_{\text{simultanée}} = P_{\text{totale}} * 1,2$$

$$P_{\text{totale}} = (759,5 * 0,7) + (2109,48 * 0,6) + (8642,76 * 0,8) + (79672,6 * 0,8) + (1555 * 0,7) = 73538,13 \text{ W}$$

$$P_{\text{simultanée}} = 73538,13 * 1,2 = 88245,75 \text{ W}$$

- Puissance minimale de l'onduleur

La puissance minimale de l'onduleur est la puissance totale de la charge que multiplie le facteur d'appel de courant au démarrage.

$$P_{\text{ond}} = P_{\text{simultanée}} * k$$

$$\text{AN : } P_{\text{ond}} = 88245,75 * 3 = 264737,25 \text{ W}$$

$$\text{Soit } P_{\text{ond}} = 264,7 \text{ kW}$$

- Puissance apparente

$$S_{\text{ond}} = S_{\text{charge}} * k$$

$$\text{Avec } S_{\text{charge}} = P_{\text{totale}} / \cos \phi$$

$$S_{\text{charge}} = 88245,75 / 0,96 ; S_{\text{charge}} = 91922,65 \text{ VA soit } 92 \text{ kVA}$$

$$S_{\text{ond}} = 92 * 3 = 276000 \text{ VA}$$

$$S_{\text{ond}} = 276 \text{ kVA}$$

- k est le facteur pour tenir compte des appels de courant au démarrage des appareils, il est compris entre 2 et 3 (si l'installation comporte des moteurs, il est préférable de prendre k=3)

f) Section des câbles

La détermination des sections de câbles à utiliser dans l'installation du système PV est un aspect important pour assurer la sécurité et la fiabilité du système. Pour se faire, il faut déterminer la longueur, le courant de l'installation et la chute de tension.

- Section de câbles entre le générateur solaire et le local technique

✚ Calcul du courant

$$I = \frac{P_c}{U} ; \text{AN : } Nbp = \frac{24624}{680} = 36,21 \text{ A}$$

✚ Calcul de la chute de tension

$$\Delta U = 680 * 0,05 = 34 \text{ V}$$

NB : Pour la chute de tension, on a : 3% pour l'éclairage et 5% pour les autres types d'installation.

✚ Calcul de la résistance maximale de la ligne

$$R = \frac{\Delta U}{I} ; \text{AN : } R = \frac{34}{36,21} = 0,94 \Omega$$

✚ Calcul de la section du câble avec L = 13m

$$S = \frac{\rho 2 L}{R} ; \text{AN : } S = \frac{0,017 * 2 * 13}{0,94} = 0,47 \text{ mm}^2$$

NB : $\rho = 0,027 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ pour les câbles en aluminium et $\rho = 0,017 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ pour les câbles en cuivre

- Section de câble entre l'onduleur et le tableau de répartition

✚ Calcul du courant

$$I = \frac{S_o}{U} ; I = \frac{300000}{230} = 1304,34 \text{ A}$$

✚ Calcul de la chute de tension

$$\Delta U = 230 * 0,05 = 11,5 \text{ V}$$

✚ Calcul de la résistance maximale de la ligne

$$R = \frac{\Delta U}{I} ; \text{AN : } R = \frac{11,5}{1304,34} = 0,0088 \Omega$$

✚ Calcul de la section du câble avec L = 3m

$$S = \frac{\rho 2 L}{R} ; \text{AN : } S = \frac{0,017 * 2 * 3}{0,0088} = 11,6 \text{ mm}^2$$

2. Choix des équipements du système

a) Choix du module solaire

Après plusieurs recherches de module pouvant satisfaire nos besoins et analyse du marché local, nous avons opté pour le module solaire monocristallin CSUN300-60M de 300Wc compte tenu de son rendement et de sa disponibilité.

Tableau 6 : Caractéristique du module

Caractéristique électrique en STC	
Données	Valeurs
Puissance maximale Pmax (W)	300
Tension circuit ouvert Voc (V)	39,8
Courant de court-circuit Isc (A)	9,6
Tension à puissance maximale Vmp (V)	32,2
Courant à puissance maximal Imp (A)	9,31
Rendement (%)	18,48
Tolérance de puissance (%)	0 à +3



Figure 7 : Module solaire CSUN300-60M

Déterminons le nombre de modules à installer :

$$\boxed{Nm = \frac{Pc}{Pm}} \quad \text{AN : } Nm = \frac{24624}{300} = 82,08 \quad \text{Soit 82 modules}$$

✚ Nombre de modules en série

$$\boxed{Nms = \frac{Uond}{Vmp}} \quad \text{AN : } Nms = \frac{680}{32,2} = 21,11 \quad \text{Soit 22 modules en série}$$

✚ Nombre de branches en parallèle

$$\boxed{Nbp = \frac{Nm}{Nms}} \quad \text{AN : } Nbp = \frac{82}{22} = 3,72 \quad \text{Soit 4 branches en parallèle}$$

✚ Nombre total de modules du système

$$\boxed{Ntm = Nms * Nbp} \quad \text{AN : } Ntm = 4 * 22 = 88 \text{ modules}$$

On prendra au totale 88 modules de 300W pour l'installation de notre système PV.

b) Choix du stockage

Le stockage permet de compenser les fluctuations de la production d'énergie solaire, qui varient en fonction de l'ensoleillement, des conditions météorologiques et de l'heure de la journée. Il assure une alimentation continue. Cette stabilisation est essentielle pour les applications où une alimentation ininterrompue est nécessaire, comme dans une clinique c'est pourquoi notre choix c'est porté sur la batterie LG Chem RESU 10H. Cette batterie à une capacité de 9,6kWhet fonctionne dans une plage de tension de 350V à 450V ce qui correspond à nos besoins en termes de capacité et de tension.

Tableau 7 : Caractéristique de la batterie

Caractéristiques Générales	
Capacité nominale	9.8 kWh
Type de batterie	Lithium-ion
Tension nominale	400V

Plage de tension	350V – 450V
Courant maximal de décharge	21 A
Courant nominal de décharge	14 A
Courant maximal de charge	16.5 A
Courant nominal de charge	14 A
Durée de vie	Environ 6000 cycles

Calcul du nombre de batteries :

$$N_{bs} = \frac{680}{400} = 1,7 \quad \text{Soit 2 batteries en série,}$$

$$N_{bp} = \frac{9,25}{9,8} = 0,94 \quad \text{Soit 1 batterie}$$

Nbatterie = 2*1 = 2 ; on prendra deux batteries LG

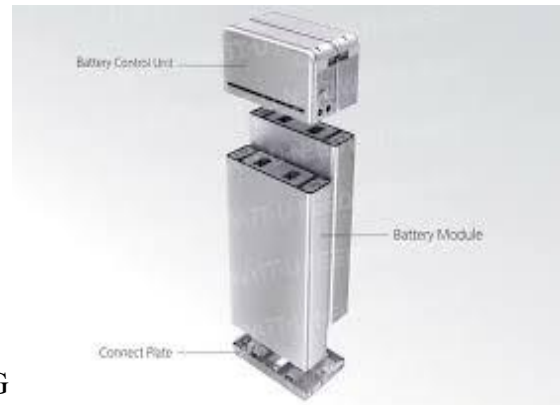


Figure 8 : Batterie LG Chem RESU 10H

c) Choix de l'onduleur

Le choix de l'onduleur est une tâche délicate pour assurer l'efficacité du système. Les valeurs de courant et de tension de chaque chaîne du champ photovoltaïque doivent correspondre aux limites de l'onduleur. Ainsi, nous avons opté pour l'onduleur SolarEdge SE100K. Il s'agit d'un onduleur triphasé de 100kW conçu pour les grandes installations photovoltaïques qui offre une possibilité de connexion au réseau électrique conventionnel et il permet également une connexion en parallèle pour atteindre des puissances plus élevées.

Tableau 8 : Caractéristique onduleur

Caractéristiques	
Modèle	SolarEdge SE100K
Capacité nominale	100 kW
Tension de sortie AC	380/220 V ; 400/230 V
Fréquence CA	50 / 60 Hz $\pm 5\%$
Tension d'entrée maximale DC+ à DC-	1000 V
Plage de tension de fonctionnement	680 – 1000 V

Rendement maximum	98,3 %
-------------------	--------

Calcul du nombre d'onduleur :

$$\boxed{\text{Nond} = \frac{\text{Pond}}{\text{Poc}}} \quad \text{AN : } \text{Nond} = \frac{276}{100} = 2,76$$

On prendra trois (3) onduleurs de 100kW.



d) Choix du disjoncteur DC

Figure 9 : Onduleur SolarEdge SE100K

Le disjoncteur DC (courant continu) est un composant essentiel dans l'installation dans la mesure où il protège contre les surintensités. Le disjoncteur DC permet de détecter les surintensités dans le circuit DC, en cas de surcharge ou de court-circuit, il se déclenche automatiquement pour interrompre le flux de courant, protégeant ainsi les équipements et assurant la sécurité de l'installation.

Pour son choix nous devons déterminer le courant de court circuit total du générateur solaire :

$$\boxed{\text{Isct} = \text{Isc} * \text{Nbp}} \quad \text{AN : } \text{Isct} = 9,6 * 4 = 38,4 \text{ A}$$

On prendra un disjoncteur DC avec un calibre normalisé de 40A



e) Choix du disjoncteur AC

Il assure la protection des biens et personnes contre les surcharges, en éliminant les risques de contact indirect. Son calibre correspond au calibre normalisé directement supérieur aux courant maximal fourni par l'onduleur.

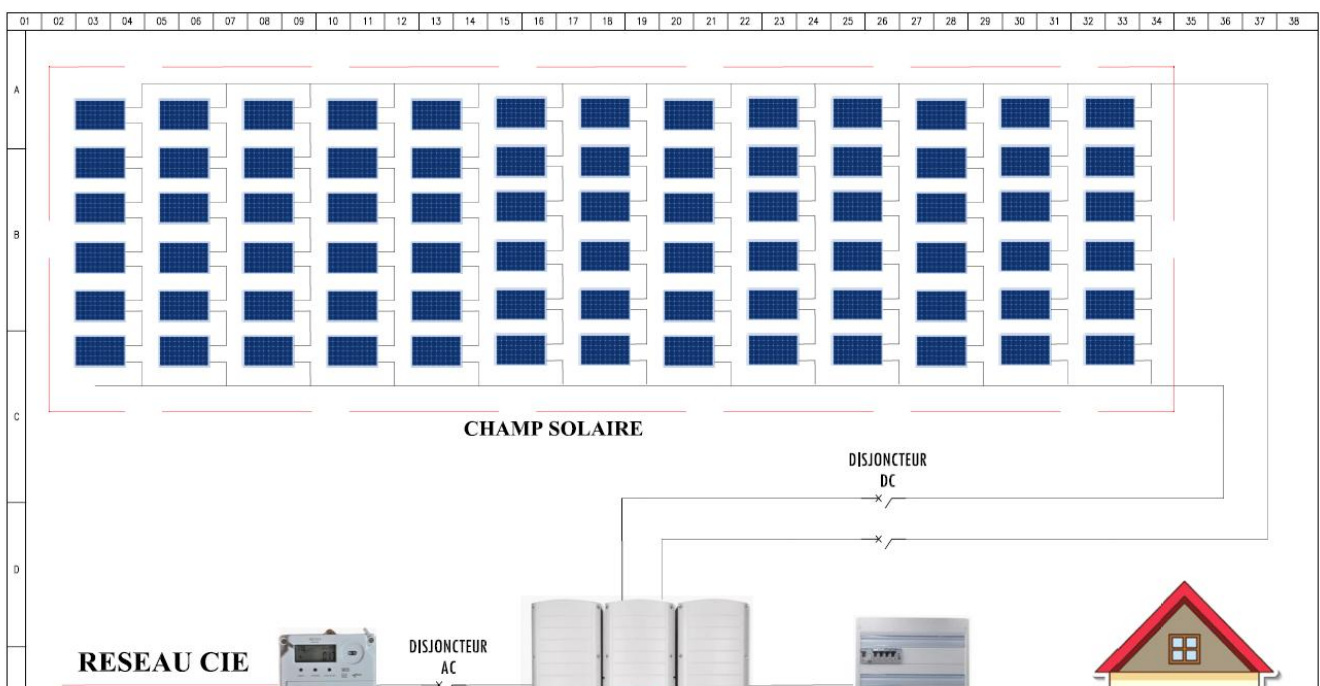
$$I_{ond} = \frac{P_{ond}}{U * \cos\phi * \sqrt{3}} \quad \text{AN : } I_{ond} = \frac{300000}{380 * 0,8 * \sqrt{3}} = 569,75 \text{ A}$$

On prendra un disjoncteur AC de calibre normalisé de 630A directement supérieur.



Figure 11 : Disjoncteur AC

3. Schéma d'installation sans stockage



VI. ETUDE ECONOMIQUE ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL

1. Etude économique

L'étude économique revêt d'une importance capitale dans le cadre de notre projet. Elle est essentielle pour évaluer la viabilité financière, optimiser les ressources, permettre aux décideurs de prendre des décisions éclairées sur la réalisation du projet et gérer les risques liés au projet.

a) Devis estimatif de l'installation

Tableau 9 : Devis estimatif sans stockage

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
Panneaux solaires	Ute	88	180 000	15 840 000
Châssis	Ute	4	105 000	420 000
Onduleur	Ute	3	2 100 000	6 300 000
Disjoncteur DC	Ute	1	28 500	28 500
Disjoncteur AC	Ute	1	1 568 000	1 568 000
Câbles électriques	ENS	1	390 000	390 000
Accessoire d'installation	ENS	1	1 000 000	1 000 000
Main d'œuvre	ENS	1	2 960 000	2 960 000

Total	28 506 500
-------	------------

Pour l'installation de ce système, il va falloir un coût d'investissement d'environ 28 506 500 FCFA

Tableau 10 : Devis estimatif avec stockage

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
Panneaux solaires	Ute	88	180 000	15 840 000
Châssis	Ute	4	105 000	420 000
Stockage	Ute	2	3 678 000	7 356 000
Onduleur	Ute	3	2 100 000	6 300 000
Disjoncteur DC	Ute	1	28 500	28 500
Disjoncteur AC	Ute	1	1 568 000	1 568 000
Câbles électriques	ENS	1	390 000	390 000
Accessoire d'installation	ENS	1	1 000 000	1 000 000
Main d'œuvre	ENS	1	2 960 000	2 960 000
Total				35 862 500

b) Rentabilité du projet sans stockage

➤ Cout initial d'investissement

Cela comprend tous les couts associés à l'acquisition et à l'installation du système photovoltaïque, y compris les panneaux solaires, les onduleurs, les accessoires et les frais d'installation.

Dans notre cas le cout initial d'investissement est de 28 506 500 FCFA.

➤ Cout d'exploitation et d'entretien

Il s'agit des couts récurrents liés à l'exploitation et à l'entretien du système PV, tels que les

couts de maintenance préventive et corrective, les assurances si nécessaire, les couts de remplacement des composants, les frais de gestion, les taxes, etc.

Nous avons estimé le cout de la maintenance préventive et corrective à 1 000 000 FCFA et les frais d'assurance annuels nécessaires pour couvrir le système à 500 000 FCFA.

Donc le Cout d'exploitation = 1 000 000 FCFA + 500 000 FCFA

Cout d'exploitation est estimé à 1 500 000 FCFA

➤ Economies d'énergie

Il s'agit des économies réalisées sur la facture d'électricité de clinique grâce à l'utilisation du système PV. Pour déterminer ces économies, nous devons estimer la quantité d'énergie produite par le système et la comparer aux besoins énergétiques de la clinique, en tenant compte du tarif de l'électricité (tarification CIE).

Economie d'énergie par jour = Production d'énergie du système photovoltaïque – Consommation d'énergie habituelle de la clinique

Economie d'énergie par jour = 101,454 kWh/Jr

Etant donné que le tarif de l'électricité est de 89 FCFA par kWh en heure pleine,

Economie financière par jour = Economie d'énergie par jour * Cout de l'électricité par kWh

Economie financière par jour = 9 029,40 FCFA/Jr

Economie sur la facture mensuelle = Economie financière par jour * Nombre de jour dans le mois

Economie sur la facture mensuelle = 270 882,18 FCFA/mois

Ainsi l'économie sur la facture mensuelle de la clinique grâce à l'installation du système PV serait de 270 882,18 FCFA. Cela représente les économies réalisées sur le cout de l'électricité pour la clinique après avoir mis en place le système.

➤ Durée de vie du système

Nous devons estimer la durée de vie utile du système, c'est-à-dire la période pendant laquelle il fonctionnera de manière optimale et générera des économies d'énergie.

La durée de vie typique des panneaux solaires est d'environ 25 à 30 ans ;

Les onduleurs sont généralement garantis pour une durée de 10 à 20 ans, en fonction du type d'onduleur et du fabricant. Certains onduleurs peuvent durer plus longtemps s'ils sont bien entretenus et utilisés dans des conditions optimales ;

Quant au batterie leur durée de vie dépend du type de batteries (plomb-acide, lithium-ion, etc.) et des conditions d'utilisations. En général, elles peuvent durer de 5 à 15 ans.

Notre système ne comportant pas de batteries, nous pouvons estimer sa durée de vie à environ 25 ans

➤ Taux d'actualisation

Il s'agit du taux d'actualisation que nous utiliserons pour actualiser les couts et les bénéfices futurs du projet. Ce taux tient compte du temps et de la valeur de l'argent, et il est souvent basé sur le cout d'opportunité des fonds investis dans le projet.

Pour le taux d'actualisation nous allons utiliser un taux d'intérêt de 10% et un taux d'inflation de 1,1% ce qui nous donnera un taux d'actualisation de 11,1%.

➤ Valeur actuelle nette (VAN) du projet

Cette valeur permet de déterminer la rentabilité du projet. Si la VAN est positive, cela signifie que le projet est potentiellement rentable et crée de la valeur pour les investisseurs par contre si la VAN est négative, cela peut indiquer que le projet n'est pas rentable ou qu'il est moins rentable que d'autres alternatives d'investissement.

Pour calculer le VAN du projet, nous allons utiliser les informations suivantes :

Cout d'investissement initial : 28 506 500 FCFA

Cout d'exploitation et d'entretien annuel : 1 500 000 FCFA

Economie d'énergie annuelle : 3 250 586,16 FCFA

Durée de vie du projet : 25 ans

Taux d'actualisation : 11,1% soit 0,111

$$VAN = \sum (\text{Flux de trésorerie net de l'année} / (1 + \text{taux d'actualisation})^n)$$

Tableau 11 : Calcul de la VAN

ANNEES	OPERATIONS	RESULTATS (FCFA)
Année 1	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^1$	1 575 685,11
Année 2	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^2$	1 418 258,43
Année 3	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^3$	1 276 560,24
Année 4	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^4$	1 149 019,12
Année 5	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^5$	1 034 220,63
Année 6	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^6$	930 891,65
Année 7	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^7$	837 886,28
Année 8	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^8$	754 173,07
Année 9	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^9$	678 823,64
Année 10	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{10}$	611 002,38
Année 11	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{11}$	549 957,17
Année 12	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{12}$	495 010,92

Année 13	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{13}$	445 554,39
Année 14	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{14}$	401 039,05
Année 15	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{15}$	360 971,24
Année 16	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{16}$	324 906,61
Année 17	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{17}$	292 445,19
Année 18	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{18}$	263 226,99
Année 19	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{19}$	236 927,99
Année 20	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{20}$	213 256,51
Année 21	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{21}$	191 950,06
Année 22	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{22}$	172 772,33
Année 23	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{23}$	155 510,65
Année 24	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{24}$	139 973,58
Année 25	$3\,250\,586,16 - 1\,500\,000 / (1 + 0,111)^{25}$	125 988,82
VAN		14 636 012,05

La VAN dans le cadre de notre projet est positive, ce qui signifie que le projet est rentable.

➤ Temps de retour sur investissement

Le temps de retour sur investissement (TRI) est un indicateur financier qui mesure la période nécessaire pour récupérer initialement le coût de l'investissement initial par le biais des économies générées par le projet.

$\text{TRI} = \text{Coût d'investissement initial} / \text{Gain par an}$;

Gain par an = Economie d'énergie annuelle – Coût d'exploitation = 3 250 586,16 – 1 500 000

Gain par an = 1 750 586,16 FCFA

$$\text{TRI} = \frac{28\,506\,500}{1\,750\,586,16} = 16,28$$

Le temps de retour sur investissement de ce projet est d'environ 16 ans plus précisément 16 ans 03 mois et 11 jours.

2. Impact environnemental

L'énergie solaire est présentée comme une pratique verte, permettant de produire l'électricité sans nuire la planète. Cette pratique a des avantages et des inconvénients sur l'environnement et la qualité de vie des populations.

a) Avantage

L'installation d'un système PV a un impact positif par rapport aux autres sources d'énergie conventionnelle telles que les combustibles fossiles. Voici quelques points considérables concernant son impact positif :

- Réduction des émissions de gaz à effet de serre : le système PV utilise l'énergie solaire, une ressource renouvelable et propre, pour produire de l'électricité. Contrairement aux centrales thermiques aux combustibles fossiles, il ne produit pas de gaz à effet de serre, contribuant ainsi à la réduction de l'empreinte carbone.
- Préservation des ressources naturelles : en utilisant l'énergie solaire, le système PV contribue à la préservation des ressources naturelles que le pétrole, le gaz naturel et le charbon, qui sont des ressources naturelles non renouvelables et souvent associées à des impacts environnementaux négatifs lors de leur extraction et leur utilisation.
- Réduction de la pollution de l'air et de l'eau : les installations photovoltaïques ne produisent pas de polluants atmosphériques ou de rejets d'eau, contribuant ainsi à la préservation de la qualité de l'air et de l'eau.
- Biodiversité et habitat : contrairement aux infrastructures associées aux énergies fossiles (mines, pipelines, etc.), les installations photovoltaïques ont un impact minimal sur les écosystèmes et la biodiversité. Elles peuvent même être intégrées de manière à favoriser la biodiversité et à préserver les habitats naturels
- Durabilité et recyclage : les panneaux solaires sont conçus pour être durables et ont une longue durée de vie. De plus, à la fin de leur vie utile, les composants de panneaux solaires peuvent être recyclés pour minimiser les déchets et maximiser la récupération des matériaux.

Pour démontrer l'impact positif de notre projet sur l'environnement, nous allons déterminer l'économie en CO₂ réalisée par notre installation.

La production annuelle d'énergie du système est de 36 523 404 Wh soit 36,52 MWh par an.

On a 1MWh = 0,67 t CO₂eq d'où la tonne équivalent CO₂ de notre projet est de 24,46 t CO₂eq.

Cette installation évitera le rejet de 24,46 tonnes de CO₂ par an dans l'atmosphère.

Un arbre absorbe en moyenne 25 kg de CO₂ donc pour 24 460 kg de CO₂ économisé on aura environ 978 arbres sauvés et 978 m² d'espaces sauvés en cas de reboisement pour éviter les pollutions.

b) Inconvénient

Quand bien même que les installations photovoltaïques présentent de nombreux avantages environnementaux et socio-économiques, il existe également certains inconvénients à prendre en compte :

- Occupations de terres : pour produire assez d'énergie il faut plus d'espace. Les grandes installations photovoltaïques au sol ou sur toits peuvent nécessiter une certaine occupation de terres, ce qui peut avoir un impact sur les écosystèmes locaux et la biodiversité si les sites ne sont pas choisis de manière appropriée.
- Effets sur les habitats : les grandes installations solaires peuvent perturber les habitats naturels en modifiant les conditions de vie des populations.

VII. CONCLUSION

Notre projet de conception et d'installation d'un système photovoltaïque représente une solution innovante et durable pour répondre aux besoins énergétiques de la clinique La Rosette de San Pedro. Après une étude approfondie, nous avons déterminé que la clinique nécessite une énergie estimée à 101,45 kWh par jour pour assurer son bon fonctionnement. Pour répondre à ce besoin, notre installation comprend 88 panneaux solaires monocristallins de 300 Wc, 03 onduleurs hybrides avec des fonctions avancées et des disjoncteurs AC et DC. Le cout initial d'investissement pour cette installation s'élève à 28 506 500 FCFA sans stockage et 35 862 500 FCFA avec stockage, comprenant l'achat des équipements, l'installation et la mise en service du système. Grace à une étude économique approfondie, nous avons calculé un temps de retour sur investissement d'environ 16 années, ce qui démontre la rentabilité du projet sans stockage sur le long terme. De plus, la valeur actuelle nette du projet, calculée à 14 636 012,05 FCFA avec un taux d'actualisation de 11,1%, confirme la viabilité financière de l'investissement.

En termes d'impact environnemental, notre installation PV offre de nombreux avantages. Elle permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre, de préserver les ressources naturelles, et de contribuer à la transition vers une énergie propre et renouvelable. De plus, elle offre une indépendance énergétique à la clinique tout en réduisant sa facture d'électricité et en offrant des économies significatives à long terme.

En conclusion, notre projet de conception et de dimensionnement d'un système photovoltaïque raccordé au réseau électrique conventionnel est une solution gagnante à la fois sur le plan énergétique, économique et environnemental. Il témoigne de notre engagement en faveur du développement durable et notre volonté de proposer des solutions innovantes pour répondre aux défis énergétiques actuels tout en préservant notre environnement.

Par ailleurs, la rentabilité du projet pourrait être amélioré une fois que la législation de libéralisation de la commercialisation de l'énergie électrique en côte d'ivoire sera mise en

place, permettant ainsi la vente de l'énergie excédentaire produite. Sur la durée de vie du projet, la quantité d'énergie disponible à la vente est estimée à 66 795 kWh.

VIII. BIBLIOGRAPHIE

❖ Documents :

- Dr SORO, CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTÈME PV AVEC STOCKAGE, Ouagadougou, Décembre 2015.
- Dr OYEDELE SAMPSON, LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE, Abidjan, Mars 2019.
- Dr OYEDELE SAMPSON, DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTÈME PV, Abidjan, Juin 2019
- DOLEY FRANCISCO, « Dimensionnement d'un système solaire photovoltaïque assurant la continuité de l'alimentation des unités auxiliaires en cas de perte de tension au poste de Bohicon », Mémoire MGIS ER, Bénin, 2014.
- DJOUMESSI YVES ARMAND, « Etude et conception d'une mini centrale hybride photovoltaïque / diesel pour l'électrification rurale décentralisée du village N'ZO'OH de la commune rurale de FONGO-TONGO dans la région de l'ouest Cameroun », Mémoire de Master GEE ER, Cameroun, 2011.
- OUADRAOGO KADIDJATOUL, « Etude d'un système photovoltaïque connecté au réseau en autoconsommation au sein de l'entreprise Faso Energy », Mémoire diplôme d'ingénieur, 2IE Ouagadougou, 2021.
- AMEUR ALI ELHABIB, « Dimensionnement d'une installation photovoltaïque (application entreprise ENAVA) », Mémoire de Master Génie Electrique, 2016
- Arrêté n°327 MMPE/DGE du 09 Décembre 2022 relatif aux seuils de puissance installée dans le cadre des régimes juridiques applicables à toutes activités d'autoproduction, ainsi que les conditions d'obtention de l'autorisation d'exercer l'activité d'autoproduction, Ministère des Mines, du Pétrole et de l'Energie (MMPE), Côte d'Ivoire, 2022.

- Arrêté interministériel n°156 /MMPE/MCLU/MT/MINEDDTE/MCI du 23 Avril 2024 portant conditions d'assujettissements des organismes consommateurs d'énergie à l'audit énergétique obligatoire et périodique, les modalités de sa réalisation ainsi que les conditions d'exercice de l'activité d'auditeur énergétique, Ministère des Mines, du Pétrole et de l'Energie (MMPE), Côte d'Ivoire, 2024.
- Livret du bilan énergétique de la Direction Générale de l'Energie (DGE), Direction du suivi et de la réglementation de l'énergie, sous-direction des statistiques et des systèmes d'informations, Côte d'Ivoire, 2020.
- Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable (ONEE), Branche Electricité, « Etude d'impact environnemental et social du projet solaire photovoltaïque de Tafilalt : site de Missouri », Maroc, Février 2015.
- Africa – Middle – East – Asia (AMEA) Power, « Etude d'Impact environnemental et social », Projet solaire de 100 MW à Kairouan, Tunisie, Octobre 2022.

❖ **Sites internet :**

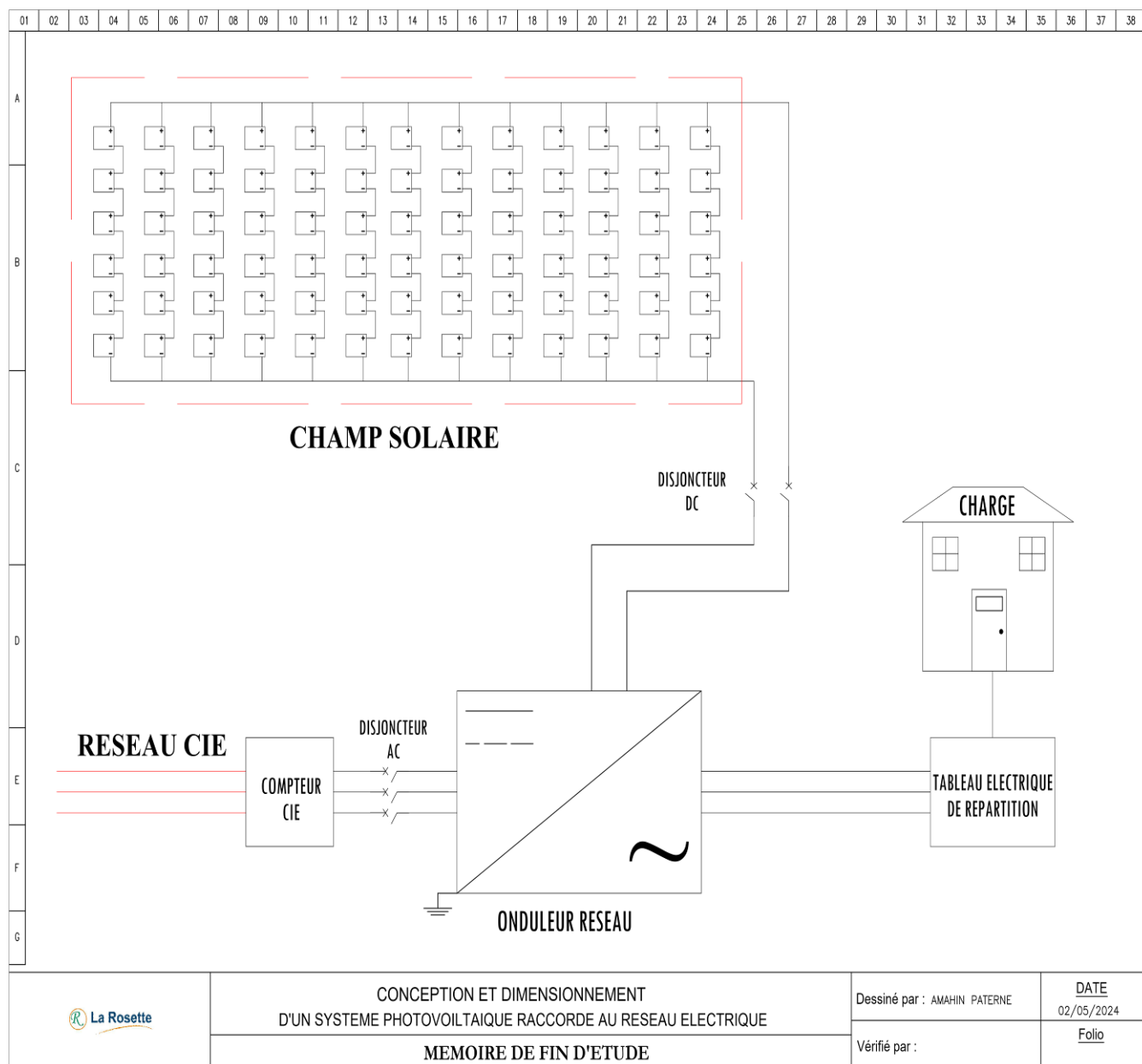
- | | |
|---|------------|
| - www.larosette.ci | 16/03/2024 |
| - https://energie.gouv.ci | 29/03/2024 |
| - www.annuaireci.com | 06/04/2024 |
| - www.yandalux.com | 06/04/2024 |
| - https://www.aliexpress.com | 06/04/2024 |
| - https://www.alibaba.com | 06/04/2024 |

IX. ANNEXES

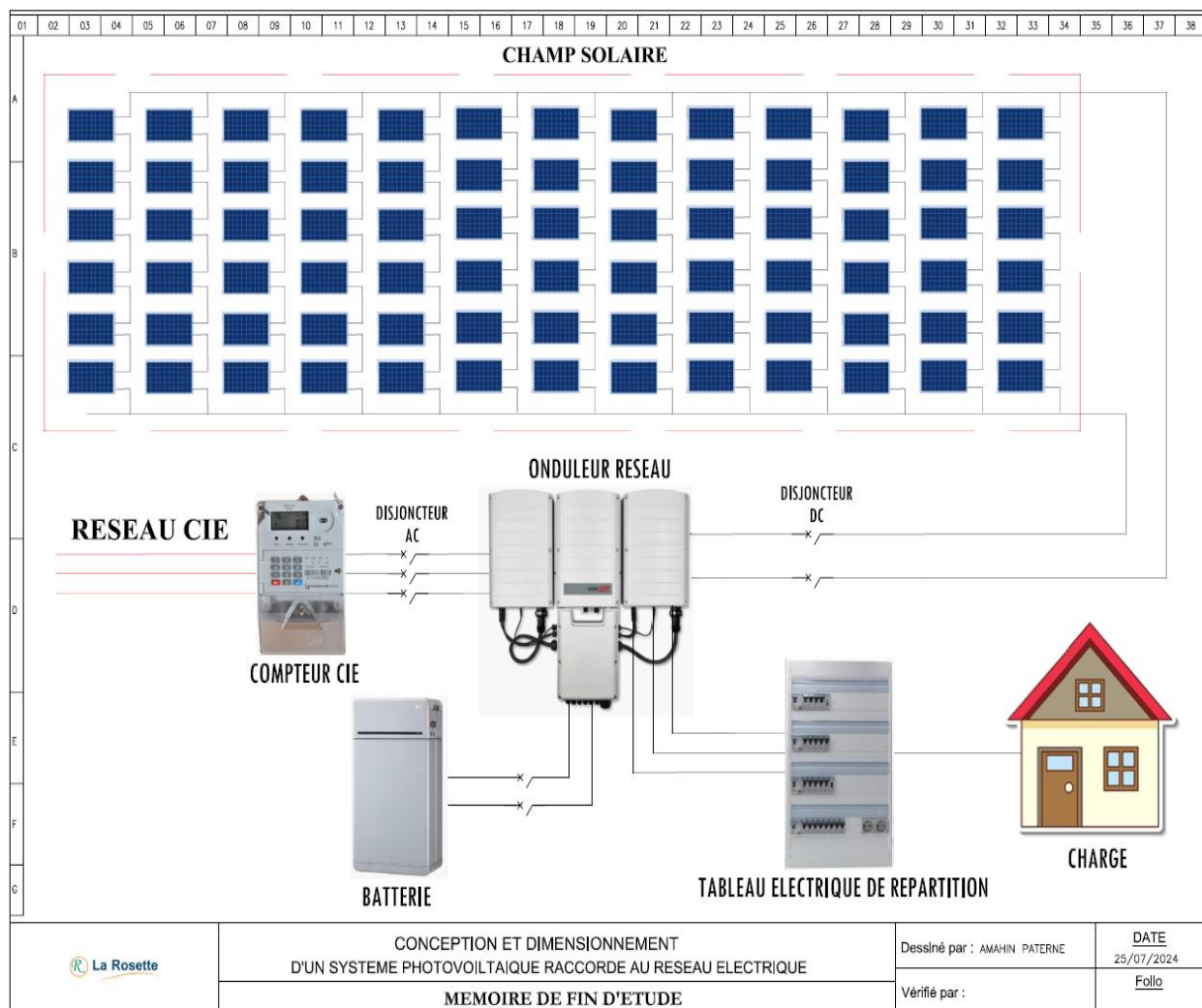
LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Schéma unifilaire	47
Annexe 2 : Schéma de raccordement	48
Annexe 3 : Fiche technique du module solaire	49
Annexe 4 : Fiche technique de l'onduleur réseau	51
Annexe 5 : Fiche technique disjoncteur AC.....	55
Annexe 6 : Fiche technique disjoncteur DC.....	57
Annexe 7 : Tension du système PV en fonction de la capacité du générateur solaire	57
Annexe 8 : Section de câble en fonction du courant	58
Annexe 9 : Quelques fournisseurs locaux d'équipement solaire	58
Annexe 10 : Formulaire d'une demande d'autorisation d'autoproduction d'électricité à base d'énergie solaire – <i>Extrait de l'annexe 1 de l'arrêté n°327 MMPE/DGE du 09 Décembre 2022</i>	60
Annexe 11 : : Rapport de simulation PVSyst.....	65

Annexe 1 : Schéma unifilaire



Annexe 2 : Schéma d'installation avec stockage



Annexe 3 : Fiche technique du module solaire

MONO



**Powerguard Insurance
Global Coverage**

The power output shall not be less than 96.5% of the minimum power output stated in the product data sheet in the first year of the product's life cycle. The loss of power output shall not exceed 0.68% per year thereafter, ending with 80.18% in the 25th year.





CSUN310-60M
The Large Scale Project Solution

CSUN310-60M CSUN305-60M CSUN300-60M
CSUN295-60M CSUN290-60M



19.09%
Module efficiency

310W
Highest power output

10years
Material & Workmanship warranty

25years
Linear power output warranty

-  PID-free
-  World class mono efficiency
-  Tighter product performance distribution and current sorting reduces the mismatch power loss in system operation
-  Positive tolerance offer
-  Good temperature coefficient enables higher output in high temperature regions
-  Excellent performance under low light conditions
-  Certified for salt/ammonia corrosion resistance
-  Load certificates: wind to 2400Pa and snow to 5400Pa

- China Sunergy Co., Ltd. designs, manufactures and delivers high efficient solar cells and modules to the world from its production centers based in China, Turkey, South Korea and Vietnam.
- Founded in 2004, China Sunergy is well known for its advanced solar cell technology reliable product quality and excellent customer service.
- As one of leading PV enterprises, China Sunergy has delivered more than 4.0GW of solar products to residential, commercial, utility and off-grid projects all around the world.

Note:
All specifications, warranties, certifications about module of "CSUN" series also apply to that of "SST".

All information and data are subject to change without notice.

Right 2017



Electrical characteristics at Standard Test Conditions(STC)

Module Type	CSUN310-60M	CSUN305-60M	CSUN300-60M	CSUN295-60M	CSUN290-60M
Maximum Power - Pmax (W)	310	305	300	295	290
Open Circuit Voltage - Voc (V)	40.0	39.9	39.8	39.6	39.5
Short Circuit Current - Isc (A)	9.81	9.72	9.6	9.54	9.47
Maximum Power Voltage - Vmpp (V)	32.6	32.4	32.2	32	31.9
Maximum Power Current - Imp (A)	9.52	9.42	9.31	9.22	9.1
Module Efficiency	19.09	18.78%	18.48%	18.17%	17.86%

Standard Test Conditions (STC): irradiance 1,000 W/m²; AM 1.5; module temperature 25°C. Tolerance of Pmp: 0~+3%.

Measuring uncertainty of power: ±3%. Certified in accordance with IEC 61215, IEC 61730-1/2 and UL 1703.

Electrical Characteristics at Normal Operating Cell Temperature(NOCT)

Module Type	CSUN310-60M	CSUN305-60M	CSUN300-60M	CSUN295-60M	CSUN290-60M
Maximum Power - Pmax (W)	233	229	225	220	216
Open Circuit Voltage - Voc (V)	37.5	37.4	37.3	37	36.9
Short Circuit Current - Isc (A)	7.95	7.84	7.74	7.69	7.64
Maximum Power Voltage - Vmpp (V)	31.3	31.1	30.9	30.6	30.3
Maximum Power Current - Imp (A)	7.47	7.38	7.28	7.22	7.14

Normal Operating Cell Temperature (NOCT) : irradiance 800W/m²; wind speed 1 m/s ; cell temperature 45°C; ambient temperature 20°C.

Measuring uncertainty of power: ±3%. Certified in accordance with IEC 61215, IEC 61730-1/2 and UL 1703.

Temperature Characteristics

NOTC	45°C (±2°C)	Maximum System Voltage [V]	1000
Voltage Temperature Coefficient	-0.29%/K	Series Fuse Rating [A]	20
Current Temperature Coefficient	+0.05%/K		
Power Temperature Coefficient	-0.39%/K		

Maximum Ratings

Material Characteristics

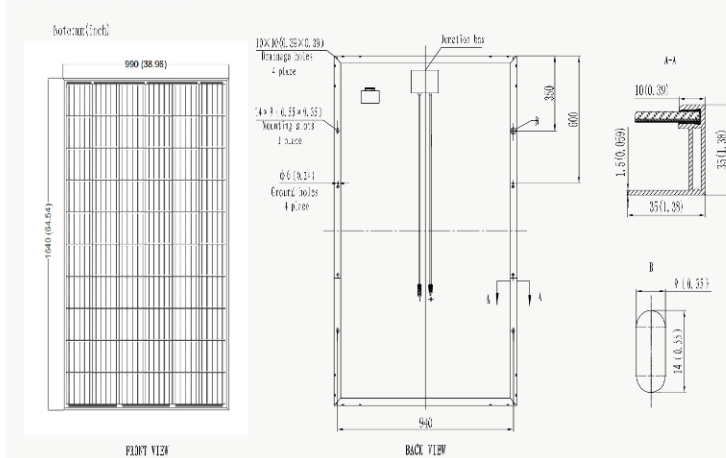
Dimensions	1640×990×35mm (L×W×H)
Weight	18.3kg
Frame	Anodized aluminum profile
Front Glass	White toughened safety glass, 3.2 mm
Cell Encapsulation	EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate)
Back Sheet	Composite film
Cells	6×10 pieces monocrystalline solar cells series strings (156mm×156mm)
Junction Box	Rated current≥13A, IP≥67, TUV&UL
Cable&Connector	Length 900 mm, 1×4 mm ² , compatible with MC4

Packaging

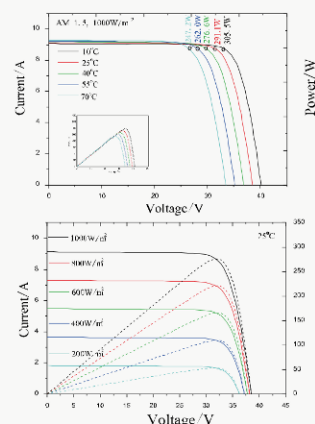
Dimensions(L×W×H)	1690×1120×112mm	Temperature Range	-40 °C to + 85 °C
Container20'	360	Withstanding Hail	Maximum diameter of 25 mm with impact speed of 23 m/s ¹
Container40'	840	Maximum Surface Load	5,400 Pa
Container40'HC	910	Application class	class A
		Safety class	class II

System Design

Dimensions



IV-Curves



Excellent performance under weak light condition.

Annexe 4 : Fiche technique de l'onduleur

Onduleur triphasé à technologie Synergy

En Europe

SE50K / SE66.6K / SE90K / SE100K / SE120K

12-20 ANS DE GARANTIE



ONDULEURS

Doté d'un processus unique de pré-mise en service pour une installation rapide

- Fonctionnalité de pré-mise en service pour une validation automatisée des composants du système et un câblage pendant l'installation sur site et avant le raccordement au réseau
- Installation simple par 2 personnes grâce à une conception modulaire légère (chaque onduleur est constitué de 2 ou 3 unités Synergy et d'un Synergy Manager)
- Le fonctionnement indépendant de chaque unité synergétique autorise une disponibilité supérieure et un entretien facilité
- Des capteurs thermiques intégrés détectent tout défaut de câblage pour offrir une protection et une sécurité supérieures
- Protection intégrée contre les défauts d'arc et coupure rapide en option
- Atténuation PID (dégradation potentielle induite) de nuit intégrée pour des performances systèmes optimisées
- Dispositifs de protection contre les surtensions supervisés* et remplaçables sur site, pour mieux résister aux surtensions causées par la foudre ou d'autres événements : RS485 et SPD DC Type 2 et SPD AC Type 2 en option
- Interrupteur de sécurité DC intégré en option, pour éliminer la nécessité d'isolateurs DC externes
- Dispositif de supervision modulaire intégré avec communication Ethernet ou cellulaire pour une visibilité complète du système

*Applicable uniquement aux SPD DC et AC

solaredge.com

solaredge

/ Onduleur triphasé à technologie synergy

En Europe

SE50K / SE66.6K / SE90K / SE100K / SE120K

Applicable aux onduleurs ayant les numéros de référence suivants	SE50K ⁽¹⁾ Pour réseau 400 V	SExxxK-xxx01xxxx			SExxxK- xxx81xxxx	
		SE66.6K Pour réseau 400 V	SE90K Pour réseau 400 V	SE100K Pour réseau 400 V	SE120K Pour réseau 480 V	
SORTIE						
Puissance nominale de sortie AC active	50000 ⁽¹⁾	66600	90000	100000	120000	W
Puissance de sortie AC apparente maximale	50000 ⁽¹⁾	66600	90000	100000	120000	VA
Tension de sortie AC - Câble à câble / Câble à conducteur neutre (nominale)	380 / 220 ; 400 / 230				480 / 277	Va
Tension de sortie AC - Câble à plage du câble / câble à plage neutre	304 - 437 / 176 - 253 ; 320 - 460 / 184 - 264.5				432 - 529 / 249 - 305	Vac
Fréquence CA	50/60 ± 5%					Hz
Intensité continue de sortie maximale (par phase)	72.5	96.5	130.5	145		Aac
Raccordements au réseau de sortie AC	3 W + PE, 4 W + PE					
Réseaux pris en charge	Étoile : TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT ; Delta : IT					
Injection de courant résiduel maximum ⁽²⁾	200	300				mA
Supervision de la consommation d'énergie, protection anti-îlotage, facteur de puissance configurable, seuils configurables par pays	Oui					
Distorsion harmonique totale	≤ 3					%
Plage de facteurs de puissance	+/-0.2 à 1					
ENTRÉE						
Puissance DC maximale (module STC) onduleur/unité synergy	87500 / 43750	116550 / 58275	157500 / 52500	175000 / 58300	210000 / 70000	W
Sans transformateur, sans mise à la terre	Oui					
Tension d'entrée maximale DC+ à DC-	1000					Vdc
Plage de tension de fonctionnement	680 - 1000					Vdc
Courant d'entrée maximal	2 x 36,25	2 x 48,25	3 x 43,5	3 x 48,25	3 x 48,25	Adc
Protection contre la polarité inversée	Oui					
Détection de l'isolation du défaut à la terre	Sensibilité de 167 kΩ par unité Synergy ⁽³⁾					
Rendement maximum de l'onduleur	98.3				98.1	%
Rendement pondéré européen	98					%
Consommation électrique nocturne	< 8		<12			W
FONCTIONS SUPPLÉMENTAIRES						
Interfaces de communication prises en charge ⁽⁴⁾	2 x RS485, Ethernet, Wi-Fi (en option), cellulaire (en option)					
Gestion intelligente de l'énergie	Limitation de l'exportation					
Mise en service de l'onduleur	Sur l'application mobile SetApp en utilisant un point d'accès Wi-Fi intégré pour la connexion locale					
Protection contre les défauts d'arc	Intégrée, configurable par l'utilisateur (conformément à la norme UL1639B)					
Coupure rapide	En option (automatique à la déconnexion du réseau AC)					
Régulateur PID	Nocturne, intégré					
Protection contre les surtensions RS485 (ports 1+2)	Type II, remplaçable sur le terrain, intégrée					
Protection contre les surtensions en DC	Type II, remplaçable sur le terrain, intégrée					
Protection contre les surtensions AC	Type II, remplaçable sur site, en option					
Fusibles DC (unipolaires)	25 A, en option					
Interrupteur DC	Optionnel					
CONFORMITÉ AUX NORMES						
Sécurité	IEC-62109-1, IEC-62109-2, AS3100					
Normes de connexion au réseau ⁽⁵⁾	EN50549-1, EN50549-2, VDE-AR-N 4105, VDE-AR-N 4110, VDE V 0126-1-1, CEI 0-21, CEI 0-16, TOR Erzeuger Typ A+B, G99 Type A+B, G99 (NI) Type A+B, VFR 2019					
Émissions	CEI61000-6-2, CEI61000-6-3 classe A, CEI61000-3-11, CEI61000-3-12					
RoHS	Oui					

/ Onduleur triphasé à technologie synergy

En Europe

SE50K / SE66.6K / SE90K / SE100K / SE120K

Applicable aux onduleurs ayant les numéros		SE50K-xxx0bxxx				SE50K-xxx8bxxx	
de référence suivants	SE50K ⁽¹⁾ Pour réseau 400 V	SE66.6K Pour réseau 400 V	SE90K Pour réseau 400 V	SE100K Pour réseau 400 V	SE120K Pour réseau 480 V		
SPÉCIFICATIONS RELATIVES À L'INSTALLATION							
Nombre d'unités synergétiques par onduleur	2		3				
Section transversale AC et diamètre extérieur : câble de phase / PE (aluminium ou cuivre)	Section transversale jusqu'à 120 / 70 mm² ; diamètre extérieur 30-50 / 12-20 mm						
Entrée DC : onduleur / unité synergy ⁽²⁾	8/4 paires MC4		12/4 paires MC4				
Dimensions (H x L x D)	Unité Synergy : 558 x 328 x 273 Synergy Manager : 360 x 560 x 295						mm
Poids	Unité Synergy: 32 Synergy Manager: 18						kg
Plage de températures de fonctionnement	-40 à +60 ⁽³⁾						°C
Refroidissement	Ventilateur (remplaçable par l'utilisateur)						
Bruit	< 67						dBA
Indice de protection	IP65 - Extérieur et intérieur						
Montage	Supports fournis						

(7) Seule l'utilisation de connecteurs MC4 fabriqués par Stäubli est approuvée

(8) Pour plus d'informations sur la réduction de puissance, reportez-vous à : <https://www.solaredge.com/sites/default/files/se-temperature-derating-note.pdf>

Accessoires - SPD (achetés séparément)	
Accessoire	Référence
Kit SPD AC pour Synergy Manager (5 unités par boîte)	SE-AC-SPD-SM

Annexe 5 : Fiche Technique de la batterie



Product Specification (1/2)

RESU10H Prime

Electrical Characteristics		
Usable Energy ¹⁾		9.6 kWh @77°F (25°C)
Voltage Range	Charge	420 ~ 450 V _{dc}
	Discharge	350 ~ 410V _{dc}
Max. Charge/Discharge Current		14.3A@350V
Max. Charge/Discharge Power		5kW
Peak Power (only discharging) ²⁾		7kW for 10 sec.
Peak Current (only discharging)		20A for 10 sec.
Communication Interface		RS485/CAN
DC Protection		Circuit Breaker, Fuse, DCDC converter
Connection Method		Spring Type Connector
User interface		LEDs for Normal and Fault operation
Protection Features		Over Voltage / Over Current / short circuit / Reverse Polarity
Scalability (Total Energy, Max. Charge/Discharge Power)		Max. 2 in parallel (19.2 kWh @77°F (25°C), 10kW)
Operating Conditions		
Installation Location		Indoor/Outdoor, Floor standing, Wall-mounted
Operating Temperature	Charge	14 ~ 122°F (-10 ~ 50°C)
	Discharge	-4 ~ 122°F (-20 ~ 50°C)
Operating Temperature (Recommended)		59 ~ 86°F (15 ~ 30°C)
Storage Temperature (At shipping state)		-22 to 140°F (-30 to 60°C), acceptable for 7 days in total -4 to 113°F (-20 to 45°C), acceptable for the first 6 months -4 to 86°F (-20 to 30°C), acceptable for 7th month~12th month
Humidity		5%~95%
Altitude		Max. 6,562ft (2,000m)
Cooling Strategy		Natural Convection
Certification		
Safety	Cell	UL1642
	Battery Pack	UL1973 / CE / RCM / IEC 62619
Emissions		FCC
Hazardous Materials Classification		Class 9
Transportation		UN38.3 (UNDOT)
Ingress Rating		IP55

※ Test Conditions - Temperature 77°F (25°C), at the beginning of life

※ Usable Energy is measured under specific condition from LGC(0.3CPCV/0.3CP)

※ Product specification may change without notice

1) DOD 100%. DC/DC converter one way efficiency 97.5%. Ambient 77°F (25°C)

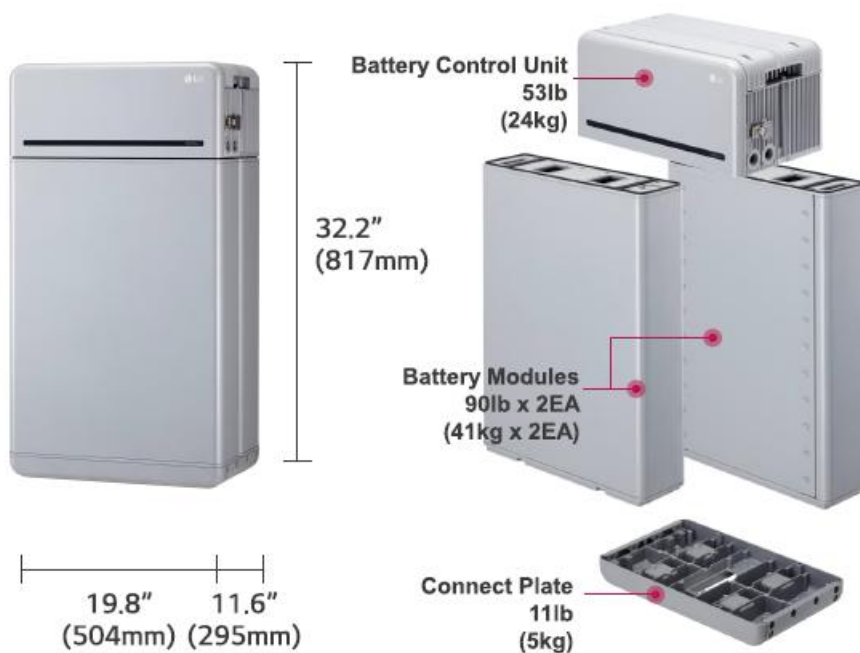
2) Peak Current excludes repeated short duration (less than 10 sec. of current pattern).



Product Specification (2/2)

RESU10H Prime

Mechanical Characteristics		
Dimensions	Width	19.8 inch (504 mm)
	Height	32.2 inch (817 mm)
	Depth	11.6 inch (295 mm)
Weight	244 lb (111 kg)	



Annexe 6 : Fiche technique disjoncteur AC

AMAHIN Mickael Pat



Promotion [2022/2023]

Informations techniques

Gamme :	ComPacT nouvelle génération
Nom du produit :	ComPacT NSX nouvelle génération
Gamme de produit :	ComPacT NSX400...630 nouvelle génération
Nom de l'appareil :	NSX630F
Type de produit ou équipement :	Disjoncteur
Application :	Distribution
Description des pôles :	4P
Pôles protégés :	4d3d + N/23d
Position du pôle neutre :	Gauche
[In] courant assigné d'emploi :	630 A à 40 °C
[Ue] tension assignée d'emploi :	690 V CA 50/60 Hz
Type de réseau :	CA
Fréquence du réseau :	50/60 Hz
Apptitude au sectionnement :	Oui se conformer à EN/CEI 60947-2
Catégorie d'emploi :	Catégorie A
Pouvoir de coupure :	40 kA Icu à 220/240 V CA 50/60 Hz se conformer à CEI 60947-236 kA Icu à 380/415 V CA 50/60 Hz se conformer à CEI 60947-230 kA Icu à 440 V CA 50/60 Hz se conformer à CEI 60947-225 kA Icu à 500 V CA 50/60 Hz se conformer à CEI 60947-220 kA Icu à 525 V CA 50/60 Hz se conformer à CEI 60947-210 kA Icu à 660/690 V CA 50/60 Hz se conformer à CEI 60947-220 kA à 600 V CA 50/60 Hz se conformer à UL 508
Code pouvoir de coupure :	F 36 kA 415 V CA
Nom du déclencheur :	Micrologic 2.3
Type de déclencheur :	Électronique
Fonctions de protection du déclencheur :	LSol
Type de commande :	Par maneton
Mode d'installation :	Fixe

Annexe 7 : Fiche technique disjoncteur DC



Acti9 C60H-DC - disjoncteur modulaire - 2P - 40A - C curve

A9N61537

Statut commercial: Commercialisé

Principales

Gamme	Acti9
Nom du produit	Acti9 C60H-DC
Type de produit ou équipement	Disjoncteur miniature
Nom de l'appareil	C60H-DC
Application	Distribution
Description des pôles	2P
Nombre de pôles protégés	2
[In] courant assigné d'emploi	40 A à 25 °C
Type de réseau	CC
Type de déclencheur	Thermique-magnétique
Courbe de déclenchement	C
Pouvoir de coupure	10 kA Icu à 440 V CC se conformer à EN 60947-2 10 kA Icu à 440 V CC se conformer à CEI 60947-2 6 kA Icu à 500 V CC se conformer à EN 60947-2 6 kA Icu à 600 V CC se conformer à CEI 60947-2 20 kA Icu à 220 V CC se conformer à GB 14048.2 20 kA Icu à 220 V CC se conformer à CEI 60947-2 20 kA Icu à 250 V CC se conformer à GB 14048.2 20 kA Icu à 250 V CC se conformer à CEI 60947-2
Catégorie d'emploi	Catégorie A se conformer à EN 60947-2 Catégorie A se conformer à CEI 60947-2
Aptitude au sectionnement	Oui se conformer à CEI 60947-2 Oui se conformer à EN 60947-2

mentaire n'est pas destinée à remplacer ni ne peut servir à déterminer l'adéquation ou la faisabilité de ces produits dans le cadre d'une application spécifique

Annexe 8 : Tension du système PV en fonction de la capacité du générateur solaire

Capacité du générateur solaire	De 0 à 500Wc	De 500Wc à 2kWc	2kWc à 10kWc	>10kWc
Tension DC	12V	24V	48V	>48V

Annexe 9 : Section de câble en fonction du courant

Section des câbles (mm ²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Courant maximum (A)	13	21	28	36	46	61	81	99	125	160	195	220	250	285	340	395

Annexe 10 : Quelques fournisseurs locaux d'équipement solaire



TARIF EQUIPEMENTS SOLAIRES

CODE	DESIGNATIONS	QUANTITE STOCK	P.V NET HT
ENS_865-1016	CONEXT SW DISJONCTEUR DC 250A COUPURE BATTERIE	5	244 000
ENS_865-1017-61	CONEXT SW PANNEAU DE DISJONCTEUR AC	5	236 000
ENS_865-1030-1	REGULATEUR SOLAIRE XW-MPPT60-150	20	444 000
ENS_865-1031-01	FUSIBLE DE DECONNEXION BATTERIE 250A DC	24	153 000
ENS_865-1032	REGULATEUR SOLAIRE XW-MPPT80-600 24DC/48VDC	20	907 000
ENS_865-1050-01	SYSTEME DE CONTROLE DE LA CONFIGURATION SCP	12	149 000
ENS_865-1058	DISPOSITIF DE SURVEILLANCE & DE CONTROLE DE DONNEES	12	265 000
ENS_865-1060-01	DEMARREUR AUTOMATIQUE DU GENERATEUR	5	93 000
ENS_865-1080-01	DISPOSITIF DE SURVEILLANCE DE PARC BATTERIE 24/48V	12	270 000
ENS_865-1155-01	CONEXT XW AND SW CONFIGURATION	2	204 000
ENS_865-2524-61	CONVERTISSEUR /CHARGEUR SOLAIRE SW 2524 2500W 65A	6	1 000 000
ENS_865-4024-61	ONDULEUR/CHARGEUR SOLAIRE SW 4024 4000W 90A	6	1 239 000
ENS_865-8548-61	CONVERTISSEUR /CHARGEUR 8.5KVA 230V-48V	12	2 177 000
ENS_AEC-SLIX0-U50PAS	LAMPADAIRE SOLAIRE 3200LM AVEC DETECTEUR	2	1 093 000
ENS_AEH-LSHS01-06W3L	KIT SOLAIRE HOMAYA SH01 12.8V 1.5AH 500LM	59	56 000
ENS_AEH-LSHS02-12W4L	KIT SOLAIRE HOMAYA SH02 12.8V 4.5AH 650LM	95	79 000
ENS_AEP-LB01-U12W	LAMPE PORTABLE SOLAIRE MOBIYA 1.2W	96	18 000
ENS_AT/A150P	PANNEAU SOLAIRE POLYCRISTALIN 150WP	7	114 000
ENS_AT/A250P	PANNEAU SOLAIRE POLYCRISTALIN 250WP	50	140 000
ENS_AT/A260P	PANNEAU SOLAIRE POLYCRISTALIN 260WP	30	145 000
ENS_AT/BCR30024	CONVERTISSEUR SOLAIRE 300W	1	121 000
ENS_AT/LEO10	REGULATEUR SOLAIRE 35/35A 12/24V	2	128 000
ENS_AT/SB12185	BATTERIE GEL 12V 185 AH	3	352 000
ENS_AT/VP100012	CONVERTISSEUR SOLAIRE 1000VA/800W 12VDC	1	121 000



STOCK 2 :

DESIGNATION DES PRODUITS	Qté	PV U HT	Image
60P260, module solaire polycristallin 260Wc, 60 cells SILLIA	30	190 448	
PRS3030, régulateur de charge 30A, 12/24V STECA	2	49 421	
Tarom4545, régulateur de charge solaire 45A, 12/24V STECA	4	175 834	
VT65, Variotrack chargeur solaire MPPT 65A, 12-24-48V STUDER	2	490 844	
AJ1300, 24, onduleur solaire 1300VA, 24V, 230Vac STUDER	2	639 109	
XTM2400-24, onduleur chargeur solaire 2400VA, 24V, 230Vac STUDER	1	1 518 585	
XTM3500-24, onduleur chargeur solaire 3500VA, 24V, 230Vac STUDER	1	1 804 903	
BP12-200, batterie AGM intact block power 200AhC10, 12V INTACT	10	362 381	

Annexe 11 : Formulaire d'une demande d'autorisation d'autoproduction d'électricité à base d'énergie solaire – Extrait de l'annexe 1 de l'arrêté n°327 MMPE/DGE du 09 Décembre 2022

FORMULAIRE D'UNE DEMANDE D'AUTORISATION D'AUTOPRODUCTION D'ELECTRICITE A BASE D'ENERGIE SOLAIRE

Note importante :

En vertu de l'Article 4 de l'arrêté n°105 MPEER/CAB/DGE du 13 DEC 2019 relatif aux seuils de puissance installée dans le cadre des régimes juridiques applicables à toute activité d'autoproduction, ainsi que les conditions d'obtention de l'autorisation d'exercer l'activité d'autoproduction, toute installation d'autoproduction d'électricité dont la puissance installée est égale ou supérieure à 400 kW pour l'autoproduction à partir d'une source d'énergie conventionnelle ou égale ou supérieure à 20 kW pour l'autoproduction à partir d'une source d'énergie renouvelable est soumise à une autorisation préalable délivrée par le Ministère en charge de l'Energie. Toute fausse déclaration sur la source d'énergie ou sur les caractéristiques de l'installation de production constitue une violation de l'arrêté susvisée, et est par conséquent passible des sanctions prévues à cet effet.

I. RENSEIGNEMENTS SUR LE DEMANDEUR

1. Cas d'une personne physique

Nom et prénoms :

Type et numéro de la pièce d'identité :

Délivré le par expire le

Adresse physique du domicile (Rue, Secteur, Quartier, Commune, ville, village)

.....

.....

Contacts téléphoniques :

Adresse Email :

Tiers habilité :

Nota : Le Tiers habilité est toute personne physique mandatée par le demandeur pour assurer tout ou partie du suivi du dossier de la demande de déclaration d'autoproduction.

Identification et signature du Tiers habilité :

Nom et prénoms :

Contact(s) téléphonique(s) :

Adresse Email :

Adresse postale :

2. Cas d'une personne morale

Nom de l'entité :

Date de création :

Forme juridique :

Domaine d'activité :

Adresse physique du site d'implantation (Rue, Secteur, Quartier, Commune, ville)

Nom et prénoms du répondant pour le compte de l'entité :

Type et numéro de la pièce d'identité :

Délivrée le par expire le

Numéro de téléphone :

Adresse Email :

II. LOCALISATION DU SITE

Ville :

Village :

Campement :

Coordonnées GPS :

III. DONNEES TECHNIQUES

1. Puissance totale de la centrale (Wc) :

2. Structure installatrice :

a. Raison sociale :

b. Nom et prénoms de l'installateur :

3. Caractéristiques techniques

a. Panneaux solaires PV

Type de panneau (Monocristallin, polycristallin, amorphe,...)	Marque	Rendement	Quantité	Puissance (Wc)	Année d'installation
Puissance total (Wc) :					

b. Batteries

Type de batteries (Stationnaire, semi- stationnaire,...)	Marque	Tension (V)	Capacité (Ah)	Quantité	Classe	Durée de vie	Année d'installation
Capacité totale (Ah)							

c. Régulateur

Type de régulateur (PWM, MPPT,...)	Marque	Quantité	Puissance Maximale admissible (Wc)	Tension (V)	Durée de vie	Année d'installation

d. Onduleur

Type d'onduleur (off grid, hybride,...)	Marque	Puissance apparente (VA)	Facteur de puissance	Rendement	Durée de vie	Année d'installation
Puissance apparente totale (VA)						

NB : joindre les fiches techniques et plans de l'installation

6. Quelle est l'estimation de votre besoin maximal en puissance (kWc) ?

Réponse :kWc

7. Plan de production

Année de mise en service (An 0)	An 1	An 2	An 3	An 4	An 5		An n
Production estimée (kWh)							

8. Envisagez-vous de vendre un excédent de production à l'**Etat** ou à des **clients éligibles** ? Oui/Non

Etat : Oui ☐ Non ☐

Clients éligibles : Oui ☐ Non ☐

9. Quelle proportion de votre production annuelle d'énergie électrique comptez-vous vendre ?

Réponse :%

10. Date souhaitée de mise en service et d'exploitation de votre installation d'autoproduction :

.....

IV. SIGNATURE

Nom et Prénoms du déclarant ou de son mandataire¹ :

.....

Fonction :

Date :/...../.....Signature :

¹ Le signataire est le demandeur ou son mandataire

Annexe 12 : : Rapport de simulation PVSyst



PVSyst V7.4.6

VC0, Simulé le :
14/05/24 19:09
avec V7.4.6

Projet: Systeme PV La Rosette San Pedro

Variante: Nouvelle variante de simulation

Résumé du projet

Site géographique

San Pedro
Ivory Coast

Situation

Latitude 5.12 °N
Longitude -7.06 °W
Altitude 182 m
Fus. horaire UTC

Paramètres du projet

Albédo 0.20

Données météo

San Pedro
Meteonorm 8.1, Sat=100 % - Synthétique

Résumé du système

Système couplé au réseau

Orientation plan capteurs

Plan fixe
Inclinaison/Azimut 25 / 20 °

Pas de scène 3D, pas d'ombrages

Ombrages proches
Sans ombrages

Besoins de l'utilisateur

Charge illimitée (réseau)

Information système

Champ PV

Nb. de modules 84 unités
Pnom total 25.20 kWc

Onduleurs

Nombre d'unités 0.3 unité
Pnom total 20.00 kWac
Rapport Pnom 1.260

Résumé des résultats

Energie produite 37075 kWh/an Productible 1471 kWh/kWc/an Indice perf. PR 83.56 %

Table des matières

Résumé du projet et des résultats	2
Paramètres généraux, Caractéristiques du champ de capteurs, Pertes système	3
Résultats principaux	4
Diagramme des pertes	5
Graphiques prédéfinis	6

Paramètres généraux

Système couplé au réseau

Pas de scène 3D, pas d'ombrages

Orientation plan capteurs

Orientation

Plan fixe

Inclinaison/Azimut 25 / 20 °

Configuration des sheds

Pas de scène 3D

Modèles utilisés

Transposition Perez

Diffus Perez, Meteonorm

Circumsolaire séparément

Horizon

Pas d'horizon

Ombrages proches

Sans ombrages

Besoins de l'utilisateur

Charge illimitée (réseau)

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV

Fabricant

Modèle

(Base de données PVsyst originale)

Puissance unitaire

Nombre de modules PV

Nominale (STC)

Modules

Aux cond. de fonct. (50°C)

Pmpp

U mpp

I mpp

Puissance PV totale

Nominale (STC)

Total

Surface modules

Surface cellule

Generic

Mono 300 Wp 60 cells

300 Wc

84 unités

25.20 kWc

4 chaîne x 21 En série

22.68 kWc

597 V

38 A

25 kWc

84 modules

137 m²

119 m²

Onduleur

Fabricant

Modèle

(Base de données PVsyst originale)

Puissance unitaire

Nombre d'onduleurs

Puissance totale

Tension de fonctionnement

Puissance max. (=>25°C)

Rapport Pnom (DC:AC)

Generic

SP-60K-L 3 MPPT

60.0 kWac

1 * MPPT 33% 0.3 unité

20.0 kWac

200-1000 V

66.0 kWac

1.26

Puissance totale onduleur

Puissance totale

Nbre d'onduleurs

Rapport Pnom

20 kWac

1 unité

0.7 inutilisé

1.26

Pertes champ

Fact. de pertes thermiques

Température modules selon l'irradiance

Uc (const) 20.0 W/m²K

Uv (vent) 0.0 W/m²K/m/s

Pertes câblage DC

Rés. globale champ

Frac. pertes

265 mΩ

1.5 % aux STC

Perte de qualité module

Frac. pertes

-0.8 %

Pertes de mismatch modules

Frac. pertes 2.0 % au MPP

Perte de "mismatch" strings

Frac. pertes 0.1 %

Facteur de perte IAM

Effet d'incidence (IAM): Fresnel, anti-reflets, n(verre)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Résultats principaux

Production du système

Energie produite

37075 kWh/an

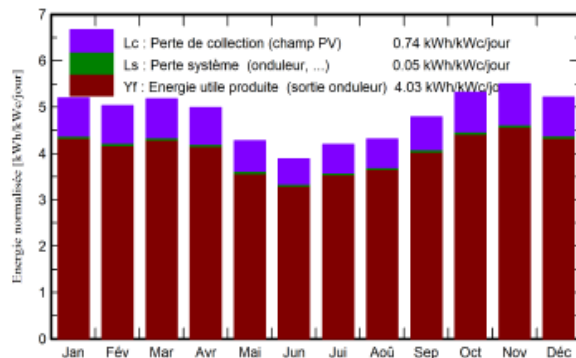
Productible

1471 kWh/kWc/an

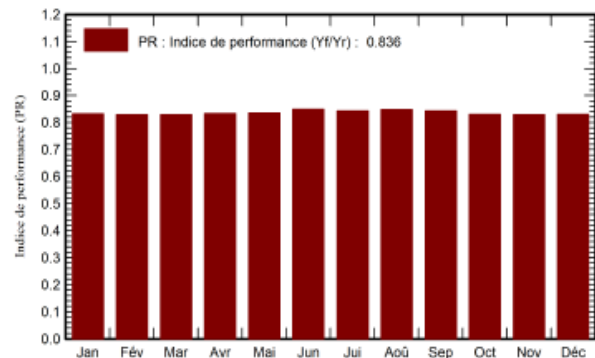
Indice perf. PR

83.56 %

Productions normalisées (par kWp installé)



Indice de performance (PR)



Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
Janvier	147.8	88.81	26.57	161.2	158.1	3420	3380	0.832
Février	136.9	84.10	27.18	141.0	138.3	2982	2946	0.829
Mars	165.6	98.68	27.45	160.4	157.0	3394	3354	0.830
Avril	166.2	91.71	27.11	149.6	145.6	3180	3142	0.833
Mai	157.0	82.42	26.84	132.5	128.2	2826	2791	0.836
Juin	139.5	84.34	25.44	116.6	112.6	2526	2494	0.849
Juillet	159.1	76.37	25.25	130.2	125.7	2803	2768	0.844
Août	152.4	84.56	24.59	133.7	129.9	2893	2858	0.848
Septembre	151.1	83.69	24.73	143.6	139.9	3088	3051	0.843
Octobre	159.9	77.95	26.04	165.0	161.6	3496	3453	0.831
Novembre	150.4	74.84	26.31	165.2	162.1	3495	3452	0.829
Décembre	145.7	81.20	26.71	161.8	158.9	3426	3385	0.830
Année	1831.5	1008.69	26.18	1760.6	1718.0	37529	37075	0.836

Légendes

GlobHor Irradiation globale horizontale

DiffHor Irradiation diffuse horizontale

T_Amb Température ambiante

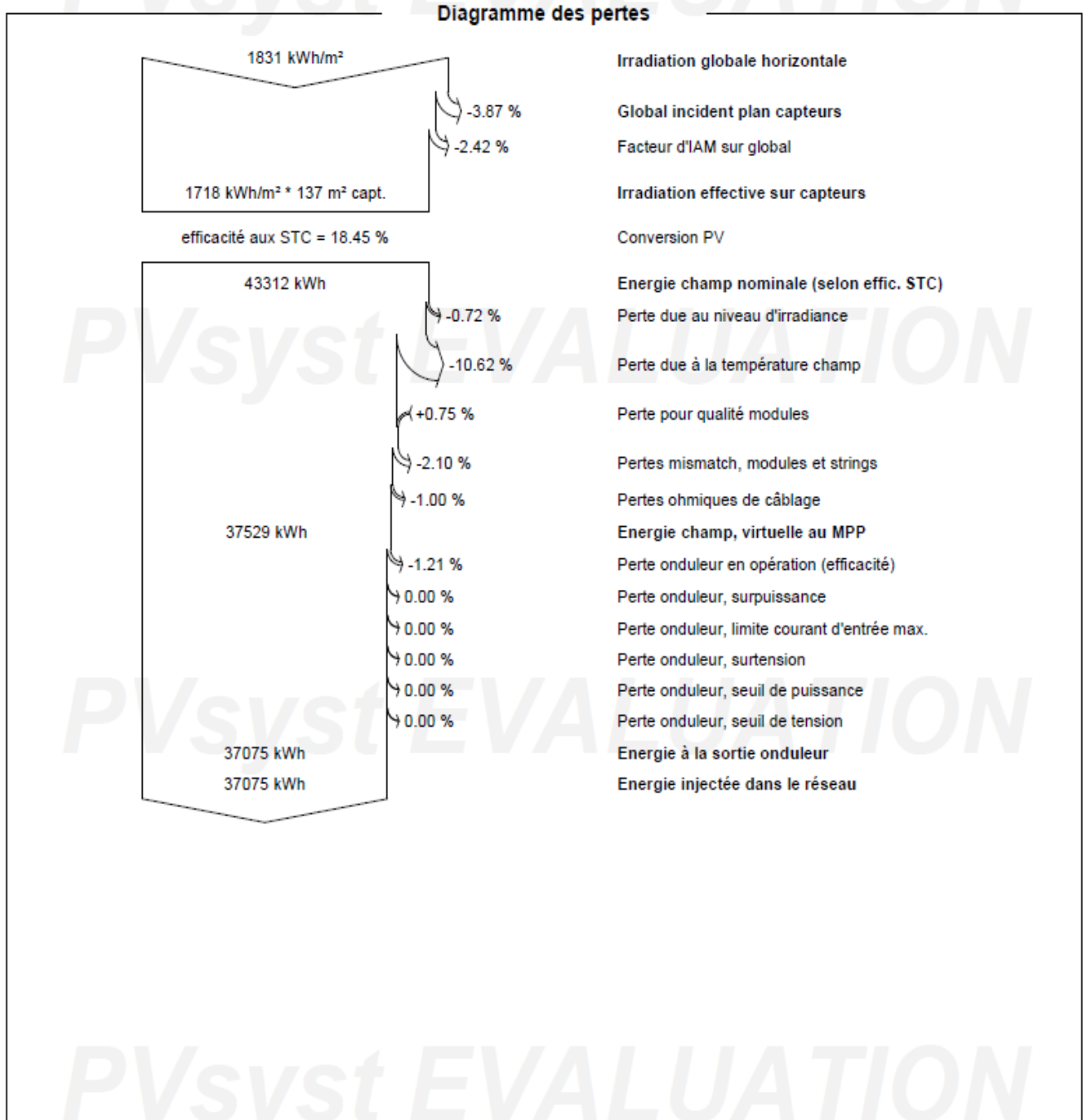
GlobInc Global incident plan capteurs

GlobEff Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages

EArray Energie effective sortie champ

E_Grid Energie injectée dans le réseau

PR Indice de performance



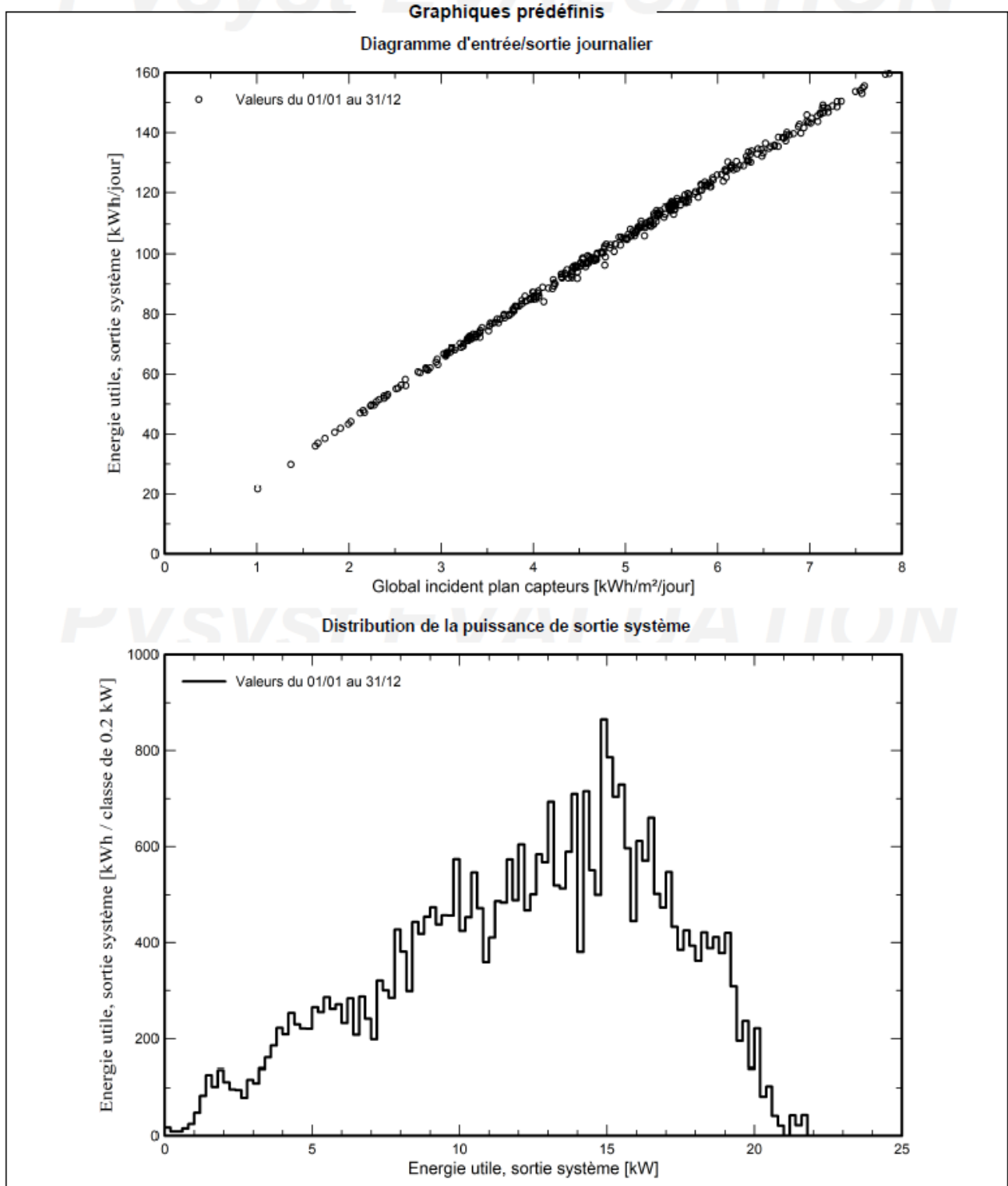


TABLE DE MATIERES

REMERCIEMENTS	II
RESUME.....	III
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	V
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES	VIII
SOMMAIRE	IX
I. INTRODUCTION.....	1
II. OBJECTIF DE TRAVAIL.....	3
1. Objectif général.....	3
2. Objectif spécifique.....	3
III. PRESENTATION DE LA STRUCTURE	D'ACCUEIL 4
1. Présentation Générale de la Rosette	4
2. Organigramme	5
3. Présentation des différents services de la Rosette	6
IV. CONCEPTION DU SYSTEME LE MIEUX ADAPTE	7
1. Collecte de données.....	7
a) Inventaire des équipements électriques	8
b) Analyse de la collecte de données.....	9
2. Evaluation des besoins énergétiques.....	10
a) Bilan énergétique.....	10
b) Evaluation des profils de charges	11
3. Analyse du site.....	13
a) Surface disponible	13
b) Climat et Ensoleillement local	13
c) Normes et réglementations locales.....	15
4. Détermination des objectifs de performance	17
a) La production d'énergie	17
b) Le rendement des panneaux	17
c) Performance en conditions variables.....	18

d)	Intégration au réseau électrique.....	18
e)	Optimisation de l'autoconsommation	19
f)	Les coûts opérationnels	19
5.	<i>Les différents types de systèmes</i>	20
a)	Les systèmes PV en site isolé (Off-grid).....	20
b)	Les systèmes PV raccordés au réseau électrique (Grid-tied)	21
c)	Les systèmes PV hybrides.....	22
d)	Systèmes PV au fil du soleil.....	24
6.	<i>Choix et fonctionnement de notre système le mieux adapté</i>	25
a)	Choix du système PV	25
b)	Fonctionnement de notre système PV	26
V.	DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PV PAR CALCUL	26
1.	<i>Détermination des données techniques</i>	27
a)	Besoin en énergie par jour (Wh)	27
b)	Puissance du champ solaire.....	27
c)	Tension du système	28
d)	Capacité de stockage	28
e)	Puissance de l'onduleur.....	28
f)	Section des câbles.....	29
2.	<i>Choix des équipements du système</i>	31
a)	Choix du module solaire	31
b)	Choix du stockage	32
c)	Choix de l'onduleur.....	33
d)	Choix du disjoncteur DC.....	34
e)	Choix du disjoncteur AC.....	35
3.	<i>Schéma d'installation sans stockage</i>	35
VI.	ETUDE ECONOMIQUE ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL.....	36
1.	<i>Etude économique</i>	36
a)	Devis estimatif de l'installation.....	36
b)	Rentabilité du projet sans stockage	37
2.	<i>Impact environnemental</i>	40

a) Avantage.....	41
b) Inconvénient.....	42
VII. CONCLUSION.....	43
VIII. BIBLIOGRAPHIE	44
IX. ANNEXES.....	46