

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Département de Physique

Mémoire de licence

Spécialité : Energies Renouvelables et Efficacité Energétique

Etude et proposition d'une installation Photovoltaïque pour l'entreprise Energeco AFRIQUE

Préparé par :

M. Aliou BADJI

Sous la direction de

Pr Diouma KOBOR

Directeur de stage

Dr Mamadou Seck GUEYE

Soutenu publiquement le : 04/02/2020, devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Qualité	Etablissement
NDIAYE lat. Grand	Maitre de conférences	Président de jury	UASZ
TINE Modou	Assistant	Rapporteur	UASZ
NDIAYE Ababacar	Maitre-Assistant	Examineur	UASZ
GUEYE Mamadou Seck	Ingénieur	Maitre de stage	ENERGECO
KOBOR Diouma	Professeur Titulaire	Directeur de mémoire	UASZ

Année Universitaire 2018-2019

Remerciements

Je tiens à remercier très vivement Monsieur **Libasse NIANG** de m'avoir accepté comme stagiaire dans son entreprise. Je tiens à assurer ma sincère gratitude et ma profonde reconnaissance à mon directeur de stage, Dr. **Mamadou Seck GUEYE** de la société Energeco AFRIQUE, qui par sa confiance, ses conseils amicaux et ses explications pertinentes, a contribué de manière essentielle aux résultats de ce travail. Il est à l'origine de ce travail et a contribué largement à sa réalisation. Par son souci de précision et de clarté, il m'a aidé à structurer et formuler mes pensées.

Je tiens à assurer également ma sincère reconnaissance à mon superviseur scientifique, **Professeur Diouma KOBOR** pour son encouragement et bienveillance constants, ses remarques pertinentes, son soutien et ses précieux conseils.

J'exprime également ma gratitude envers le président de mon jury **M. Lat. Grand NDIAYE**, le rapporteur M. **Modou TINE** et l'examineur M. **Ababacar NDIAYE**.

J'adresse mes remerciements les plus sincères à tous les professeurs de la licence professionnelle Energies Renouvelables et Efficacité Energétique pour leurs explications et leurs instructions qui m'a été utile tout au long de l'élaboration de ce mémoire, plus précisément M. **Lat Grand NDIAYE** de m'avoir permis de mettre le pied dans le monde du professionnalisme par ses remarques et ses encouragements.

Je n'oublierai jamais d'adresser mes vifs remerciements à tous ceux qui m'ont accompagné de près ou de loin dans l'accomplissement de ce travail, mention spéciale à mon **Binôme**. Je n'ose pas citer de noms de peur d'oublier quelqu'un mais je garde en mémoire leurs soutiens et leurs encouragements constants.

Table des matières

Etude et proposition d'une installation Photovoltaïque pour l'entreprise Energeco AFRIQUE ...	
Liste des figures.....iv	iv
Liste des Tableaux.....iv	iv
Liste des équationsv	v
Glossaire.....vi	vi
Introduction générale.....1	1
Chapitre 1.....2	2
Présentation de l'entreprise ENERGECO AFRIQUE2	2
Introduction3	3
1.1 Présentation du groupe et du secteur d'activité.....3	3
1.2 Organigramme Energeco AFRIQUE4	4
1.3 Quelques réalisations dans le système solaire photovoltaïque et thermique.....5	5
Conclusion.....6	6
Chapitre 2.....7	7
Diagnostic et Proposition d'une installation photovoltaïque.....7	7
Introduction8	8
2.1 Diagnostic du système photovoltaïque installé à Energeco AFRIQUE8	8
2.1.1 Générateur photovoltaïque8	8
2.1.2 Onduleur photovoltaïque avec batterie intégrée9	9
2.1.3 Problématique du système.....10	10
2.1.4 Proposition de solution.....10	10

2.2 Proposition d'une installation photovoltaïque	11
2.2.1 Présentation du site d'installation photovoltaïque	11
2.2.2 Besoin énergétique de l'installation photovoltaïque	12
2.2.3 Dimensionnement du générateur photovoltaïque :	12
2.2.4 Dimensionnement des batteries :	18
2.2.5 Dimensionnement et choix des onduleurs :	19
2.2.6 Mises à la terre	24
2.2.7 Simulation de l'installation photovoltaïque par le logiciel PVsyst.....	25
2.2.8 Schéma de l'installation du système photovoltaïque	26
Conclusion.....	26
Chapitre 3.....	27
Devis et Etude économique du système photovoltaïque proposé pour l'entreprise ENERGECO AFRIQUE.....	27
Introduction	28
3.1 Devis du système photovoltaïque.....	28
3.2 Etude économique de l'installation PV	28
3.3 Détermination du temps de retour sur investissement	29
3.4 Détermination du Taux de CO ₂ à éviter	30
Conclusion.....	30
Conclusion générale	31
Perspectives :	31
Webographie	i

Liste des figures et des schémas

Schéma 1.1-1 : Carte d'identité Energeco AFRIQUE.....	3
Schéma 1.2-1 : Organigramme Energeco AFRIQUE	4
Figure 1.3-1 : Installation du système photovoltaïque de M. Libasse NIANG.....	5
Figure 1.3-2 : Installation d'un lampadaire solaire	5
Figure 1.3-3 : Installation d'un chauffe-eau solaire	6
Figure 1.3-4 : Installation d'un séchoir solaire.....	6
Figure 2.1-1 : Face avant panneau photovoltaïque installé à ENERGECO AFRIQUE	8
Figure 2.1-2 : Face arrière panneaux photovoltaïques installés à ENERGECO AFRIQUE.....	9
Figure 2.1-3 : Prises de mesures de Voc.....	9
Figure 2.1-4 : Raccordement PV.....	9
Figure 2.1-5 : Raccordement PV-Onduleur.....	9
Figure 2.1-6 : Onduleur de marque Esun	10
Figure 2.1-7 : Mesures de la tension des batteries.....	10
Figure 2.1-8 : Batteries de l'onduleur	10
Figure 2.2-1 : Localisation de l'entreprise Energeco AFRIQUE.....	11
Figure 2.4-1 : Profil de charge de l'Energie en fonction des heures de fonctionnement	14
Schéma 3.5-1 : Onduleur WKS 5KVA/48V et ses différentes applications	21
Figure 3.9-1 : présentation du logiciel PVsyst ainsi que les valeurs obtenues.....	25
Figure 3.10-1 : Schéma de l'installation du système photovoltaïque	26
Figure 4.2-1 : Prix facturés par la SENELEC	29

Liste des Tableaux

Tableau 2.2-1 : Besoin énergétique journalier de l'entreprise Energeco AFRIQUE	12
Tableau 2.2-2 : Besoin énergétique journalier en prenant en compte le profil de charge	13
Tableau 2.2-3 : Variation de l'Energie en fonction des heures	13
Tableau 2.2-4 : Caractéristique technique PV	16
Tableau 2.2-5 : Abaque section câbles rigides utilisable en continu	22
Tableau 2.2-6 : Abaque section câbles rigides utilisable en courant alternatif	24

Liste des équations

Équation 2.2-1 : Energie consommée	14
Équation 2.2-2 : Energie produite	15
Équation 2.2-3 : Puissance crête	15
Équation 2.2-4 : Nombre de panneaux photovoltaïques	16
Équation 2.2-5 : Nombre de panneaux en séries.....	17
Équation 2.2-6 : Nombre de panneaux max parallèle	17
Équation 2.2-7 : Capacité journalière de la batterie.....	18
Équation 2.2-8 : Nombre de batteries	18
Équation 2.2-9 : Tension max d'entrée de l'onduleur.....	19
Équation 2.2-10 : Courant maximal.....	20
Équation 2.2-11 : Puissance de l'onduleur	20
Équation 2.2-12 : Courant sur la section entre le panneau et l'onduleur.....	21
Équation 2.2-13 : Intensité maximale délivrée par l'onduleur.....	23
Équation 3.3-1 : Temps de retour sur investissement	29
Équation 3.4-1 : Taux de CO ₂ à éviter	30

Glossaire

Système photovoltaïque : système qui permet la transformation de la lumière en électricité. Dans la suite du texte l'abréviation « PV » est utilisée pour « photovoltaïque ».

Générateur photovoltaïque ou Panneau photovoltaïque : est l'ensemble des cellules PV

Champ PV : l'ensemble des panneaux photovoltaïques.

Boîte de jonction ou raccordement : Boîte dans laquelle tous les groupes PV sont reliés électriquement et où peuvent être placés d'éventuels dispositifs de protection.

Onduleur : Dispositif convertissant la tension et le courant continu en tension et en courant alternatifs.

Courant continu : Courant électrique dont l'intensité est indépendante du temps. C'est l'intensité circulant entre le champ PV et les batteries, entre les batteries et l'onduleur.

Courant alternatif : Courant électrique dont l'intensité varie selon une sinusoïde. C'est l'intensité circulant entre le réseau et l'onduleur, entre l'onduleur et les charges AC.

Irradiance : Puissance instantanée du rayonnement solaire en W.m^{-2}

Irradiation : C'est l'énergie du rayonnement solaire. Elle correspond à la quantité d'énergie reçue pendant une durée définie exprimée en kWh.m^{-2} .

Puissance crête P_c : la puissance maximale que délivrerait une cellule ou un module sous éclairement incident $P = 1000 \text{ W/m}^2$ à AM1.5 sous 25°C

DC INPUT : entrée courant continu

DC OUTPUT : sortie courant continu

AC INPUT : entrée courant alternatif

AC OUTPUT : sortie courant alternatif

Introduction générale

Aujourd'hui, l'électricité est la forme d'énergie la plus aisée à exploiter. Sa production est assez facile et existe de nombreuses solutions plus ou moins performantes mais dont les couts peuvent être parfois élevées. L'électricité est un vecteur énergétique produit à partir de diverses sources énergétiques. L'électricité générée à partir des combustibles fossiles a pris la part la plus importante. La raréfaction progressive des hydrocarbures ainsi que l'impact climatique de leur utilisation exigent des solutions alternatives pour répondre à la demande d'énergie pourtant si nécessaire au développement économique. L'utilisation de l'énergie d'origine renouvelable est la solution la plus prometteuse pour résoudre ce problème.

L'une des solutions les plus prometteuses vient de la conversion des radiations solaires en énergie électrique à l'aide de système photovoltaïques. L'utilisation de la technologie photovoltaïque possède de multiples avantages pour l'environnement bien que, dans certains cas les couts ne sont pas compétitifs par rapport aux systèmes d'alimentation électrique classique. Toutefois, aujourd'hui cette technologie se développe comme une solution durable créant un marché à croissance rapide et de nouvelles opportunités d'emploi.

Du 16 septembre au 4 décembre 2019, j'ai effectué un stage au niveau de l'entreprise Energeco AFRIQUE qui est une entreprise privée spécialisée dans l'énergie électrique, l'énergie solaire et la transformation agroalimentaire. Suite à un dysfonctionnement de leur système photovoltaïque, l'entreprise m'a proposé de faire l'étude intégrale de ce système et de proposer une solution. C'est dans cette perspective que le présent mémoire de fin d'études est proposé. Ce rapport est composé de trois chapitres. Dans le premier chapitre, le rapport expose la présentation de l'entreprise, ses activités, sa structure organisationnelle et ses quelques réalisations dans le système solaire photovoltaïque et thermique. Le deuxième chapitre est consacré au diagnostic du système photovoltaïque existant à l'entreprise ensuite traite le type d'installation photovoltaïque proposée pour l'entreprise Energeco AFRIQUE, pour finalement comparer les résultats obtenus à l'aide du logiciel de dimensionnement PVsyst. Le troisième chapitre traite l'étude économique et écologique de l'installation photovoltaïque proposée pour l'entreprise Energeco AFRIQUE à partir du devis de l'installation. Ce travail se termine par une conclusion générale dans laquelle les principaux résultats obtenus sont résumés et des perspectives sont dégagées.

Chapitre 1

Présentation de l'entreprise **ENERGECO** **AFRIQUE**

Introduction

Energéco AFRIQUE, une société à responsabilité limitée (SARL) leader dans le domaine de l'électricité, a été fondée en 1982 par M. Libasse NIANG. Avec plus de 37 ans d'expériences Energéco AFRIQUE a obtenu un capital de 200.000.000 FCFA.

Ce chapitre décrit de manière explicite la société Energéco AFRIQUE, sa structure organisationnelle et ses quelques réalisations faites en solaire photovoltaïque et thermique.

1.1 Présentation du groupe et du secteur d'activité

Cette entreprise est dirigée par des cadres ayant une longue expérience dans différents domaines :

- Centrales électriques
- Réseaux de distribution HT-MT-BT
- Eclairage public
- Electrification rurale
- Solaire
- Eolienne

L'activité de cette entreprise est consacrée à l'énergie électrique, l'énergie renouvelable et la transformation agroalimentaire. Le schéma 1.1-1 présente les diverses activités ainsi que les caractéristiques principales de l'entreprise.

Nom de l'entreprise : ENERGECO AFRIQUE

Adresse : Rue 14 Lot 15 HLM 1 SODIDA

Tel /Fax : 33 824 78 66 / 33 824 78 65

Adresse e-mail : energeco@orange.sn/energocosn2@gmail.com

Type d'entreprise : SARL

Date de création : 1982

Capital total : 200.000.000 FCFA

Activité : Energie électrique, Energie renouvelable et transformation agroalimentaire



Schéma 1.1-1 : Carte d'identité Energéco AFRIQUE

1.2 Organigramme Energeco AFRIQUE

La structure organisationnelle du Groupe Energeco Afrique est simple, réduite et très efficace. Le schéma 1.2-1 présente l'organigramme de l'entreprise Energeco AFRIQUE.

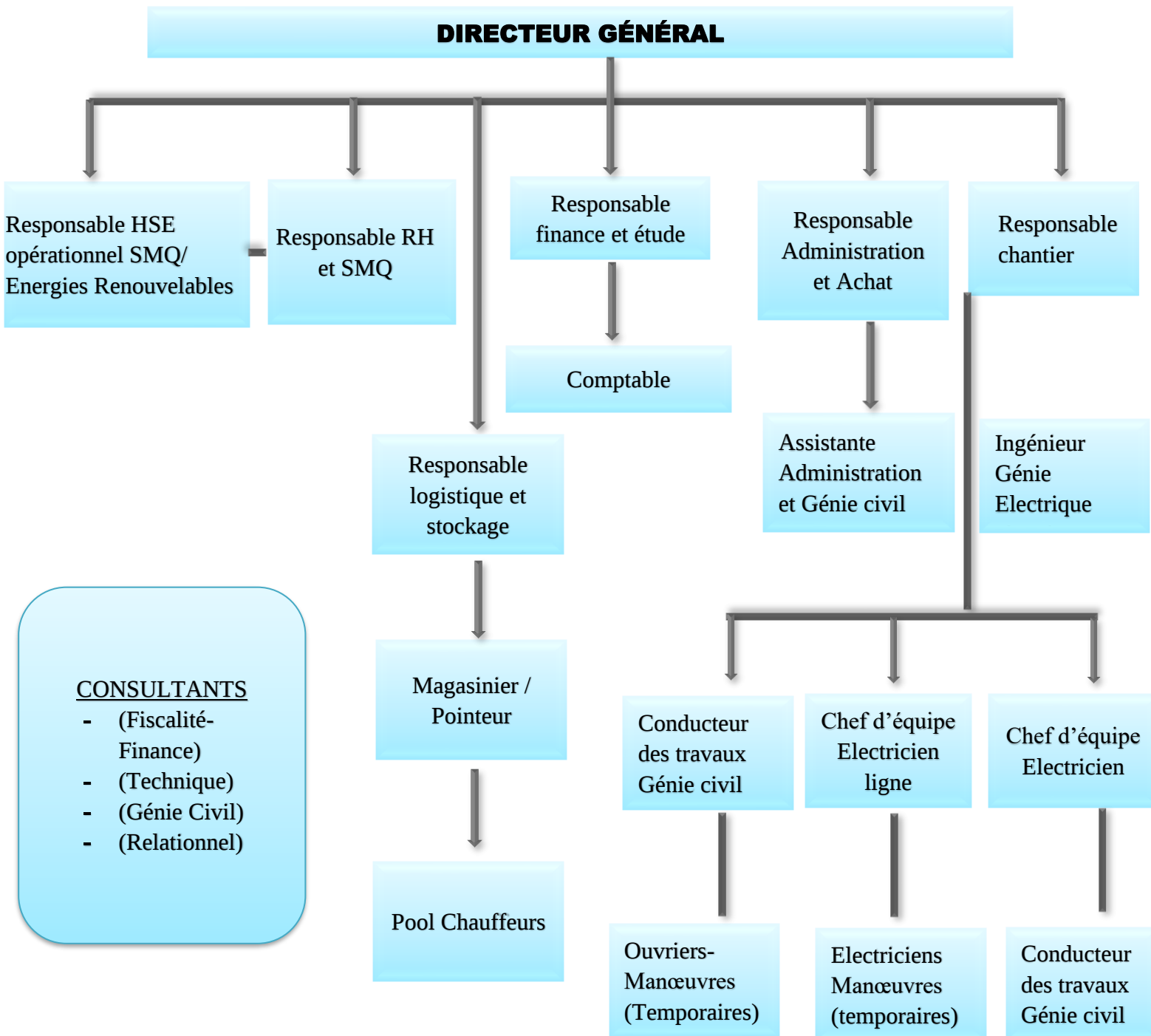


Schéma 1.2-1 : Organigramme Energeco AFRIQUE

1.3 Quelques réalisations dans le système solaire photovoltaïque et thermique

Voici quelques réalisations dans le système solaire photovoltaïque et thermique faites par l'entreprise Energeco AFRIQUE

- Installation du système photovoltaïque de M. Libasse NIANG à Cambéréne, Dakar le 09/02/2012, d'une puissance de **8870 watts crêt** en panneaux solaire avec une capacité de 1280AH en 24 batteries de 220AH sans entretien et d'un onduleur de 5 KVA/48v qui alimente 32 lampes, 4 télévisions, un réfrigérateur, un congélateur, 2 pompes supprimeur et puits.



Figure 1.3-1 : Installation du système photovoltaïque de M. Libasse NIANG

- Installation d'un lampadaire solaire à LED avec une autonomie de 3 jours sans soleil à Energeco AFRIQUE.



Figure 1.3-2: Installation d'un lampadaire solaire

- Installation d'un chauffe-eau solaire d'une capacité de 250 litres le 19/12/12 à Gibraltar, Dakar.



Figure 1.3-3 : Installation d'un chauffe-eau solaire

- Installation d'un séchoir mixte solaire à gaz (Max1) et d'un séchoir solaire petit model (Mini)



Figure 1.3-4 : Installation d'un séchoir solaire

Conclusion

L'entreprise Energéco AFRIQUE travaille sur tout ce qui concerne l'énergie en particulier l'énergie électrique. Ses activités et ses réalisations lui ont permis d'avoir une grande réputation respectée et encouragée par les énergéticiens.

Prenant conscience de l'importance des énergies renouvelables et plus précisément des systèmes solaires photovoltaïques l'entreprise a décidé d'installer un système photovoltaïque au niveau de son toit pour satisfaire une part de ses besoins énergétiques.

Le deuxième chapitre consiste à faire le diagnostic du système photovoltaïque existant à Energéco AFRIQUE.

Chapitre 2

Diagnostic et Proposition d'une installation photovoltaïque

Introduction

L'entreprise Energeco AFRIQUE consomme beaucoup d'électricité due à une utilisation d'équipements énergivores. Ses factures d'électricité sont chères d'où la nécessité de trouver un alternatif pour réduire ses coûts. Pour cela, un système photovoltaïque a été installé pour réduire le prix des factures en utilisant une partie de la puissance solaire correspondante à leurs besoins journaliers. Ce système est à l'arrêt, il ne marche plus depuis le mois d'avril 2019 d'où la nécessité de faire le diagnostic du système existant à Energeco AFRIQUE.

2.1 Diagnostic du système photovoltaïque installé à Energeco AFRIQUE

Le système installé est un kit solaire photovoltaïque composé de :

- 6 panneaux photovoltaïques monocristallins de 100Wc, une tension nominale de 24V avec comme tension en circuit ouvert de 39 V
- 1 onduleur box avec huit batteries intégrées de 3 V chacune.

2.1.1 Générateur photovoltaïque

La figure 2.1-1 et la figure 2.1-2 présentent les panneaux photovoltaïques installés sous le toit d'Energeco AFRIQUE.

La face avant montre qu'il s'agit de panneaux photovoltaïques de 72 cellules monocristallins (Fig. 2.1-1).



Figure 2.1-1 : Face avant panneau photovoltaïque installé à ENERGECO AFRIQUE

La face arrière montre qu'il n'y a pas de fiche technique permettant de connaître les caractéristiques des panneaux, ni de boîte de dérivation permettant d'éviter des court-circuits (Fig.2.1-2).



Figure 2.1-2 : Face arrière panneaux photovoltaïques installés à ENERGECO AFRIQUE

La mesure de la tension en circuit ouvert (V_{oc}) (fig. 2.1-3), pour chaque panneau, est de 39.1 V. La figure 2.1-4 montre le raccordement des 6 panneaux s'est fait en parallèle.



Figure 2.1-3 : Prises de mesures de V_{oc}



Figure 2.1-4 : Raccordement PV

2.1.2 Onduleur photovoltaïque avec batterie intégrée

L'onduleur installé à Energeco Afrique est un onduleur hors réseau (off grid), il n'est donc pas synchronisé avec le réseau. Il est sous forme de box (tout en un) avec huit batteries intégrées qui tient en compte la puissance totale des appareils à courant alternatif. L'onduleur est de marque Esun [1] et est directement alimenté par les panneaux photovoltaïques. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Tension d'entrée : 24V
- Puissance d'entrée : $P_n=3000W$
- Tension de distribution : 220V, 50HZ

La mesure des batteries donne comme tension 3V pour les 6 batteries et 0,6V pour les 2 autres. La figure 2.1-6 présente l'onduleur utilisé.

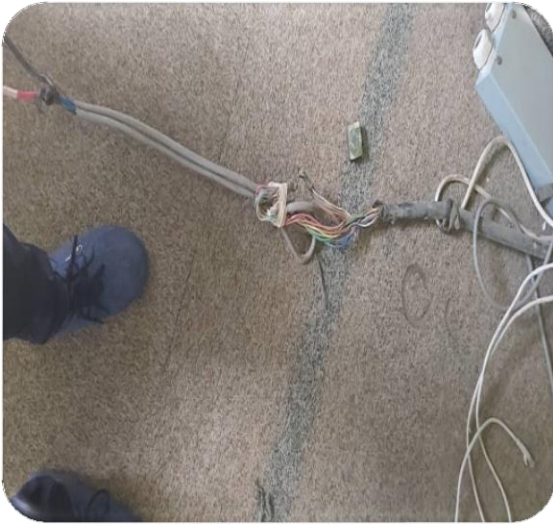


Figure 2.1-5 : Raccordement PV-Onduleur



Figure 2.1-6 : Onduleur de marque Esun



Figure 2.1-7 : Mesures de la tension des batteries de l'onduleur



Figure 2.1-8 : Batteries de l'onduleur

2.1.3 Problématique du système

Les problèmes soulignés au niveau de cette installation sont les suivants :

- ❖ Pas de protection (disjoncteur).
- ❖ Deux batteries défectueuses parmi les 8.

2.1.4 Proposition de solution

Vu l'état de l'installation, trois solutions peuvent être proposées :

- Réparer l'onduleur et mettre des protections entre le panneau et l'onduleur.
- Changer d'onduleur et mettre des protections entre le panneau et l'onduleur.
- Changer de panneau et d'onduleur et mettre des protections entre le panneau et l'onduleur.

La troisième solution est la plus appropriée car :

- ✓ Les batteries étant branchées en séries, la destruction des deux arrêtera la marche du parc de batterie.
- ✓ Le système existant ne permet pas de satisfaire la totalité des charges de l'entreprise.

De ce fait, nous adopterons la troisième proposition en faisant l'étude complète et détaillée des charges de l'entreprise.

2.2 Proposition d'une installation photovoltaïque

La proposition d'une installation photovoltaïque doit nécessairement être suivie par une étude de dimensionnement afin de déterminer les caractéristiques exactes des composants de l'installation solaire photovoltaïque. Ce chapitre présente la démarche suivie pour le dimensionnement des composants de l'installation photovoltaïque de l'entreprise Energeco AFRIQUE.

2.2.1 Présentation du site d'installation photovoltaïque

Energeco AFRIQUE se situe Lot 15 en face Baralait Rue 14 Sodida Hlm Dakar, BP : 12148, DAKAR. La Figure 3.1-1 présente la localisation du site de l'installation. L'installation photovoltaïque sera effectuée sous la terrasse de l'entreprise d'une superficie de 200 m² 20 mètres du compteur de la SENELEC



Figure 2.2-1 : Localisation de l'entreprise Energeco AFRIQUE

2.2.1.1 L'inclinaison optimale du panneau solaire photovoltaïque

Le Sénégal se situe au niveau de l'hémisphère nord donc les panneaux auront une orientation plein Sud. Il est sur la pointe extrême occidentale du continent africain entre 12,5° et 16,5° de latitude nord et, 12° et 17° de longitude ouest donc les panneaux seront inclinés de 15°.

2.2.1.2 Données météorologiques

Il est nécessaire de bien connaître l'énergie solaire reçue en moyenne par jour sur le site pendant une période donnée. Le gisement solaire au Sénégal est considérable avec plus de 3000 heures d'ensoleillement par an soit 5,8 kWh/m²/j [2], dans notre cas nous prendrons la moyenne 5,5 kWh/m²/j.

2.2.1.3 Effet d'ombrage

Les effets d'ombrages, lointains ou proches, ont une influence sur le champ photovoltaïque en occultant tout ou une partie du rayonnement direct incident.

Dans notre cas le site ne présente aucun ombrage lointain ou proche. De ce fait nous pouvons passer au dimensionnement proprement dit de notre système.

2.2.2 Besoin énergétique de l'installation photovoltaïque

Le besoin énergétique journalier est la quantité d'énergie nécessaire chaque jour pour alimenter les charges. Il s'exprime en Watts-heure (symbole dans le système international).

Le besoin énergétique journalier de l'entreprise Energéco AFRIQUE en date du 26 septembre 2019 est donné sur le tableau 3.2-1.

Tableau 2.2-1: Besoin énergétique journalier de l'entreprise Energéco AFRIQUE

Désignation	Puissance (W)	Nombre	Puissance TT (W)	Durée (h)	Besoin journalier (Wh/j)
Lampes Néon	40	5	200	5	1000
Projecteur 1	100	1	100	10	1000
Projecteur 2	80	1	80	10	800
Microondes	1150	1	1150	0,25	287,5
Ordinateur Portable	65	10	650	7	4550
Ordinateur Fixe	120	3	360	9	3240
Ventilateur	55	8	440	9	3960
Ecran	150	1	150	2	300
Imprimante active	285	2	570	2	1140
Imprimante en vieille	114	2	228	2	456
		Puissance Totale	3928	Besoin journalier Totale	16733,5

Les besoins journaliers de l'entreprise s'élèvent à 16733.5 Wh.

2.2.3 Dimensionnement du générateur photovoltaïque :

2.2.3.1 Profil de charge

Le profil de charge représente l'évolution de l'énergie utilisée en fonction des heures. Elle permet d'identifier les moments de la journée où l'entreprise consomme le plus d'électricité.

Le tableau 2.2-2 et 2.2-3 permettent d'illustrer le profil de charge d'Energéco AFRIQUE.

Tableau 2.2-2: Besoin énergétique journalier en prenant en compte le profil de charge

Désignation	Puissance(W)	Durée	Energie (Wh)
Lampes Néon	200	19h-22h et 6h-8h	1000
Projecteur 1	100	20h-6h	1000
Projecteur 2	80	20h-6h	800
Microondes	1150	9h-9h15mn et 14H-14H15mn	287,5
Ordinateurs Portables	650	9h-13h et 15h-18h	4550
Ordinateurs Fixes	360	9h-18h	3240
Ventilateurs	440	9h-18h	3960
Ecran	150	13h-15h	300
Imprimante active	570	9h-13h et 15h-17h	1140
	228	13h-15h	456
Puissance Totale	3928	Energie journalière Totale	16733,5

Tableau 2.2-3: Variation de l'Energie en fonction des heures

Heures	Puissance (W)	Energie (Wh)
0-6h	180	1800
6h-8h	200	1200
8h-9h	0	0
9h-10h	3170	8627,5
10h-13h	2020	12890
13h-14h	950	7500
14h-15h	3170	8627,5
15h-18h	2020	12890
18h-19h	200	1200
19h-20h	200	1200
20h-22h	380	3000
22h-00h	180	1800

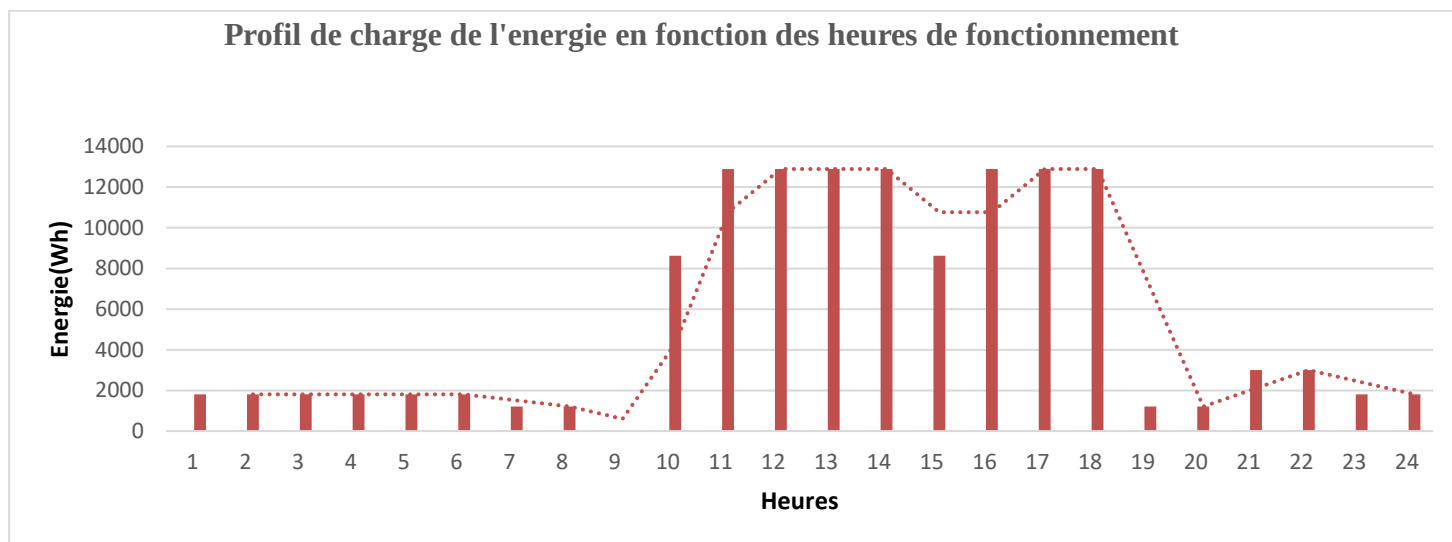


Figure 2.2-2 : Profil de charge de l'Energie en fonction des heures de fonctionnement

La représentation graphique du profil de charge permet de visualiser trois phases de consommation :

- Une première phase qui prend l'intervalle de 9h à 19h caractérisée par un pic de consommation très important dès 11h d'une énergie de 12890 Wh et d'une puissance de 3170 W. cette phase correspond aux heures de travail, période pendant laquelle le maximum d'appareils fonctionne.
- Une deuxième phase qui prend l'intervalle de 19h à 00h caractérisée par un pic de consommation assez faible d'une énergie de 3000 Wh et d'une puissance de 380 W. Cette phase correspond à la descente période pendant laquelle seul l'éclairage fonctionne.
- Une dernière phase qui prend l'intervalle de 00h à 9h caractérisée par un pic de consommation faible d'une énergie de 1800 Wh et d'une puissance de 200 W. Cette phase est une continuité de la deuxième phase, période pendant laquelle il n'y a plus de personnel.

2.2.3.2 Energie produite

Le profil de charge permet de prendre le pic de consommation le plus important. Ce qui correspond, dans le cas de notre étude, à une énergie de **12890 Wh** et une **puissance de 3170 W**.

La probabilité que tous les appareils fonctionnent en même temps est défini par le coefficient de simultanéité, dans notre dimensionnement nous prendrons 0.8 qui correspond au coefficient de 4 à 5 circuits selon la Norme NFC 15-100.

Ainsi l'énergie consommée peut se calculer de la manière suivante :

$$E_c = \text{Besoin journalier} * k$$

Équation 2.2-1 : Energie consommée

E_c : énergie consommée par jour (Wh/j)

K : coefficient de simultanéité

AN :

$$E_c = 12890 \times 0.8 = 10312 \text{ Wh/j}$$

D'après le calcul, l'énergie consommée par jour est de **10312 Wh/j**

L'énergie produite peut se calculer de la manière suivante :

$$E_p = \frac{E_c}{\mu}$$

Équation 2.2-2 : *Energie produite*

E_p : l'énergie produire par jour (Wh/j)

μ : rendement énergétique globale des composants photovoltaïques (batteries, onduleur, câble ...)

$$E_p = \frac{10312}{0.6} = 17187 \text{ Wh/j}$$

L'énergie produite par jour est de **17187 Wh/j**

2.2.3.3 Puissance crête

L'estimation de la puissance crête nécessaire pour cette installation est donnée par la formule suivante :

$$P_c = \frac{E_p \times P_i}{E_i}$$

Équation 2.2-3 : *Puissance crête*

P_c : la puissance crête du champ photovoltaïque.

P_i : la puissance radiative dans la condition standard de test (conditions STC), exprimée en kW/m².

Donc, $P_i = 1 \text{ kW/m}^2$.

E_i : l'irradiation solaire journalière reçue par une surface unitaire (1 m²) du champ photovoltaïque, en prenant en compte l'orientation et l'inclinaison de celui-ci.

AN :

$$P_c = \frac{17187 \times 1}{5,5} = 3,125 \text{ kWc} = 3125 \text{ Wc}$$

En tenant compte de la consommation énergétique, la puissance crête totale à installer pour satisfaire les besoins énergétiques est de l'ordre de **3,125 kWc**.

2.2.3.4 Détermination du nombre de panneaux photovoltaïques

Dans le cadre de cette installation, nous pouvons utiliser les panneaux solaires monocristallins **PV-MODULE 300Wc** [3] dont les caractéristiques électriques données dans le tableau 3.3-3:

Tableau 2.2-4: Caractéristique technique PV

	Marque et référence	FL-H300	
	Puissance crête	300 Wc	
	Icc / Voc	9.58 A / 41.6 V	
	Imp / Vmp	8.34 A / 36 V	

Icc : le courant de court-circuit

Voc : la tension à court ouvert

Imp : le courant maximal

Vmp : la tension maximale

A partir de la puissance crête des panneaux on détermine le nombre de panneaux solaires photovoltaïques nécessaires à l'installation. Pour cela, nous avons appliqué la formule suivante

$$N_{pv} = \frac{P_c}{P_d}$$

Équation 2.2-4 : Nombre de panneaux photovoltaïques

N_{pv} : le nombre de panneaux solaires photovoltaïques

P_d : la puissance des PV disponibles

AN :

$$N_{pv} = \frac{3125}{300} = 10,4 = 11 \text{ Panneaux}$$

D'après les calculs effectués, nous aurons besoin de **12 panneaux photovoltaïques de 300 Wc**, soit **3600 Wc** pour respecter la tension du système photovoltaïque.

2.2.3.4.1 Nombre de panneaux en série

Le nombre maximum de panneaux photovoltaïques en série se calcule par la formule :

$$N_{pvmaxséries} = \frac{U_{max\ ond}}{V_{oc}}$$

Équation 2.2-5 : Nombre de panneaux en séries

$N_{pvmaxséries}$: Nombre de PV max en série

$U_{max\ Ond}$: tension maximale d'entrée que peut supporter l'onduleur

V_{oc} : la tension à circuit ouvert

AN :

$$N_{pvmaxséries} = \frac{145}{41,6} = 3$$

Le nombre de PV max en série à installer est de **3**, soit **3 strings**.

2.2.3.4.2 Nombre de panneaux en parallèle

Le nombre de panneaux photovoltaïques en parallèles se calcule par la formule :

$$N_{pvmaxparallèle} = \frac{N_{pv}}{N_{pvmaxseries}}$$

Équation 2.2-6 : Nombre de panneaux max parallèle

$N_{pvmaxparallèle}$: le Nombre de PV max en parallèle

AN :

$$N_{pvmaxparallèle} = \frac{12}{3} = 4$$

Le nombre de PV max en parallèles à installer est de **4**, soit **4 trames**.

En résumé, pour être en conformité avec l'installation, nous aurons besoins de **12 panneaux photovoltaïques de 300 Wc/24 V** branchés comme suite :

- ❖ **4 trames (parallèles)**
- ❖ **3 strings (séries)**

2.2.3.4.3 Installation mécanique des panneaux

Les panneaux photovoltaïques seront montés sur des châssis au niveau de la toiture terrasse du bâtiment, il faut donc que les supports soient résistants à la corrosion. Nous avons choisi de préférence des structures en acier galvanisé.

2.2.4 Dimensionnement des batteries :

2.2.4.1 Capacité des batteries :

L'estimation de la capacité des batteries est nécessaire pour cette installation, elle se calcule :

$$C_j = \left(\frac{N_j \times E_j}{D_p \times U_{syst}} \right) \times 1,25$$

Équation 2.2-7 : Capacité journalière de la batterie

C_j : La capacité journalière de la batterie

N_j : Nombre de jours sans autonomie

E_j : Energie journalière

D_p : profondeur de décharge de la batterie

U_{sys} : Tension du système

AN :

$$C_j = \left(\frac{2 \times 10312}{0,6 \times 48} \right) \times 1,25 = 895 \text{Ah}$$

La capacité journalière de la batterie s'élève à **895 Ah**.

2.2.4.2 Nombre de batteries :

Le nombre de batteries pour une installation se calcule par la formule suivante :

$$N_{batt} = \frac{C_j}{C_d}$$

Équation 2.2-8 : Nombre de batteries

N_{batt} est le nombre de batteries totales

C_d est la capacité disponible

AN :

$$N_{\text{batt}} = \frac{895}{220} = 4 \text{ batteries}$$

Nous utiliserons donc **4 batteries de 220 Ah/12 V branchées en séries soit un parc de batterie d'une capacité totale de 440Ah et d'une tension 48V.**

2.2.5 Dimensionnement et choix des onduleurs :

2.2.5.1 Dimensionnement de l'onduleur

Le dimensionnement de l'onduleur repose sur 3 critères : la comptabilité en tension, en courant et en puissance.

2.2.5.1.1 La compatibilité en tension

Tension d'entrée maximale de l'onduleur (DC INPUT) :

La tension maximale admissible de l'onduleur se calcule par la formule simple suivante :

$$U_{\text{max}} = N_{\text{pvmax série}} * U_{\text{co}} * k$$

Équation 2.2-9 : Tension max d'entrée de l'onduleur

U_{max} : la tension maximale en entrée de l'onduleur ·

k : coefficient de sécurité qui prend en compte l'élévation de la tension délivrée par les modules lorsque la température des cellules diminue.

AN :

$$U_{\text{max}} = 3 * 41,16 * 1,2 = 145V$$

La tension maximale d'entrée de l'onduleur (DC INPUT) est de **145 V**

Plage de tension MPPT

L'onduleur doit à tout moment demander aux modules leur maximum de puissance. La recherche du point de puissance maximum est réalisée par un système intégré en amont de l'onduleur, nommé MPPT (Maximum Power Point Tracking).

La plage de tension de l'onduleur est comprise entre 60 V et 120V, valeur donnée par le fabricant.

La compatibilité en courant

Un onduleur est caractérisé par un courant maximal en entrée. Ce courant d'entrée limite correspond au courant maximal que peut supporter l'onduleur côté DC.

Le courant maximal se calcule par la formule suivante :

$$I_{\max} = N_{\text{pvmax parallèle}} * I_{\text{cc}} * k$$

Équation 2.2-10 : Courant maximal

$I_{\max}$: le courant maximale admissible de l'onduleur.

I_{cc} : le courant de court-circuit du panneau.

$N_{\text{pvmax parallèle}}$: le nombre de panneaux maximaux en parallèle

$$I_{\max} = 4 * 9,58 * 1,2 = 46\text{A}$$

L'intensité maximale d'entrée de l'onduleur (DC INPUT) est de **46 A**

Compatibilité en puissance

La puissance de l'onduleur peut se calculer de la manière suivante :

$$\begin{aligned} P_{\text{ond}} (\text{W}) &= P_{\text{elec}} \\ P_{\text{ond}} (\text{VA}) &= P_{\text{elec}} (\text{W}) / \cos \varphi \\ P_{\text{ond}} (\text{kVA}) &= P_{\text{elec}} (\text{W}) / 1000 \end{aligned}$$

Équation 2.2-11 : Puissance de l'onduleur

$P_{\text{ond}} (\text{W})$: puissance de l'onduleur en W

$P_{\text{ond}} (\text{VA})$: puissance de l'onduleur en Volt Ampère

$P_{\text{ond}} (\text{kVA})$: puissance de l'onduleur en Kilo Volt Ampère

$\cos \varphi$: facteur de puissance

$$\begin{aligned} P_{\text{ond}} (\text{W}) &= 3928\text{W} = 4000\text{W} \\ P_{\text{ond}} (\text{VA}) &= P_{\text{ond}} (\text{W}) / \cos \varphi = 4000 / 0,8 = 4910\text{VA} \\ P_{\text{ond}} (\text{kVA}) &= 4910 / 1000 = 5\text{kVA} \end{aligned}$$

La puissance de l'onduleur (DC INPUT) utilisé est de **5 kVA**.

2.2.5.2 Choix de l'onduleur

Nous avons choisi l'onduleur WKS 5kVA/48V [4] Hybride monophasé avec régulateur MPPT intégré, qui est une nouvelle génération d'onduleur dédié aux applications utilisant les énergies renouvelables pour l'autoconsommation et en particulier pour les installations solaires photovoltaïques.

Le schéma 3.5-1 permet d'illustrer l'onduleur WKS 5kVA/48V :

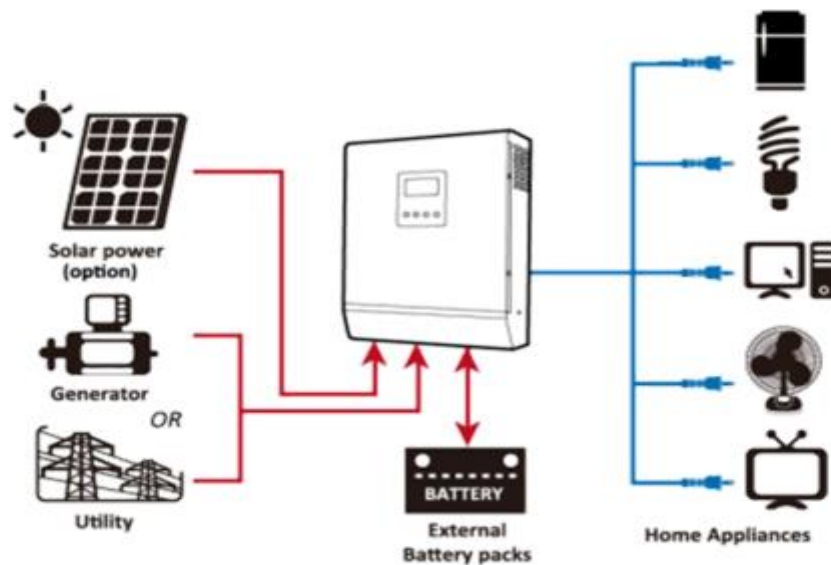


Schéma 2.2-3 : Onduleur WKS 5KVA/48V et ses différentes applications

2.2.5.3 Dimensionnement sections cables et protection DC :

Le choix de la section des câbles s'est fait grâce à un abaque de sélection de câble de chute de tension 3 % .

2.2.5.3.1 Choix de la section de câble en continue

En pratique, un câble n'est pas un conducteur parfait : il se comporte comme une résistance. Dans une installation photovoltaïque, cela va induire des pertes de puissance. Le choix des câbles se fait suivant le courant circulant au niveau de la section, la distance et la tension.

Courant sur la section entre le panneau et l'onduleur

Le courant sur la section entre le panneau et l'onduleur correspond au courant maximale admissible de l'onduleur calculé au niveau de l'équation 2.2-10.

Le courant sur la section entre le PV et l'onduleur sera de **46 A**

Courant sur la section entre les batteries et l'onduleur

Le courant sur la section entre les batteries et l'onduleur se calcule par la formule suivante :

$$I_{\text{sect batt-ond}} = \frac{P_{\text{elec}} * k_s}{U_{\text{syst}}}$$

Équation 2.2-12 : Courant sur la section entre le panneau et l'onduleur

$I_{\text{sect batt-ond}}$: le courant sur la section entre les batteries et l'onduleur

Le courant sur la section entre les batteries et l'onduleur est de **66 A** ;

En basse tension, les courants sont généralement élevés. Cause pour laquelle les longueurs en basse tension doivent être courtes pour éviter des chutes de tension importantes. La section d'un conducteur est choisie en fonction d'un certain nombre de paramètres comme : la puissance (ou courant) à transporter ; la tension d'utilisation et la nature (cuivre ou autre) du conducteur. Cette section doit rester dans les limites des chutes de tension admissibles pour permettre d'assurer un fonctionnement optimal des récepteurs. D'où la nécessité d'utiliser l'abaque qui permettra de choisir la section convenable. L'abaque ci-dessous permet de choisir la section.

TABLEAU DE DIMENSIONNEMENT DES SECTIONS DE CABLES *RIGIDES* UTILISABLE EN COURANT CONTINU

La Distance entre Panneaux et onduleurs 12m et celui entre les batteries et l'onduleur 6m, ce qui donne comme résultats par rapport aux intensités trouvées :

- Panneaux-onduleur : $2 \times 16 \text{ mm}^2$
- Section Batteries-onduleur : $2 \times 25 \text{ mm}$

2.2.5.3.2 Conception de la protection de la partie continue

Après la détermination du nombre de panneaux en séries et les chaînes PV en parallèles, et se basant sur la norme des installations photovoltaïques UTE C15-712, Nous allons déterminer la protection convenable des équipements.

Disjoncteurs

Dans une installation photovoltaïque, les disjoncteurs ont pour rôle de protéger les modules photovoltaïques contre les risques de surintensité. De façon générale, les panneaux photovoltaïques peuvent supporter un courant retour maximal qui dépend du nombre de branches en parallèles. Il convient de définir trois types de courant :

I_b : courant maximal d'emploi dans les conducteurs ; $I_b = 1.25 \cdot I_{cc} = 12 \text{ A}$

I_r : courant assigné du disjoncteur ou courant nominal du disjoncteur ; dans notre cas nous prendrons des disjoncteurs ; $I_r = 3 \cdot 1.25 \cdot I_{cc} = 15 \text{ A}$.

I_{rm} : courant retour maximal que peut supporter un panneau sans être endommagé. Deux conditions nécessaires sont à respecter pour qu'un disjoncteur assure la protection contre les surintensités produites par les courants retours: $I_{rm} = 15 \text{ A}$

$$I_b = 12 \text{ A} < I_{rm} = 15 \text{ A} < I_r = 38.6 \text{ A}$$

Le courant de retour est supérieur au courant de retour maximal, donc nous utiliserons des protections. Le courant sur la section entre le panneau et l'onduleur d'après l'équation 2.2-10 est de 46 A donc nous avons choisi un disjoncteur de 50 A-DC entre les panneaux et l'onduleur. Le courant sur la section entre les batteries et l'onduleur d'après l'équation 2.2-12 est de 66 A donc nous avons choisi un disjoncteur de 80 A-DC entre les batteries et l'onduleur.

2.2.5.4 Dimensionnement et protection des câbles AC :

2.2.5.4.1 Choix de la section de câble en alternative

L'intensité maximale délivrée par l'onduleur se calcul par la formule suivante :

$$I_{\text{del Ond}} = \frac{P_{\text{elec}}}{U_s \cdot \cos \varphi}$$

Équation 2.2-13: Intensité maximale délivrée par l'onduleur

$I_{\text{del Ond}}$: l'intensité délivrée par l'onduleur

U_s : tension délivrée par la SENELEC

$\cos \varphi$: facteur de puissance

AN :

$$I_{\text{del Ond}} = \frac{3928}{230 \cdot 0,8} = 21,35 \text{ A}$$

L'onduleur délivre un courant de 21.35 A

Tableau 2.2-6 : Abaque section câbles rigides utilisable en courant alternatif

		section (mm ²)												
P (kW)	I (A)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150
0,5	2,3	100	165	265	395									
1	4,6	60	84	135	200	335	530							
1,5	6,8	33	57	90	130	225	355	565						
2	9,1	25	43	68	100	170	285	430	595					
2,5	11,4	20	34	54	80	135	210	340	470	630				
3	13,6	17	29	45	66	110	180	285	395	520				
3,5	16	14	24	39	56	95	155	245	335	450				
4	18		21	34	49	84	135	210	295	395	580			
4,5	20		19	30	44	75	120	190	260	350	515			
5	23			27	39	68	105	170	235	315	460	630		
6	27			23	32	56	90	140	195	260	385	530		
7	32				28	48	76	120	170	225	330	460	570	
8	36					42	67	105	145	195	290	400	500	620
9	41					38	60	94	130	175	255	355	440	550
10	45					34	54	84	120	155	230	320	400	495
12	55						45	70	93	130	190	265	330	410
14	64						32	60	84	110	165	230	285	350
16	73							53	74	99	145	200	250	305
18	82							47	65	88	125	175	220	270
20	91								59	79	115	160	200	245
25	114									64	95	130	160	195
30	136										77	105	135	165
35	159											90	115	140
40	182											80	100	125
45	205												89	110
50	227													98

D'où d'après le tableau 2.2-6 ; la section sera de 2*2,5 mm² entre le réseau et l'onduleur mais aussi entre l'onduleur et les charges.

2.2.5.4.2 Conception de la protection de la partie alternative

Disjoncteur

D'après l'équation 2.2-13, l'onduleur délivre un courant de 21,35 A donc nous avons choisi un disjoncteur de 30A/AC entre le réseau et l'onduleur mais aussi entre l'onduleur et les charges.

2.2.6 Mises à la terre

2.2.6.1 Partie courant continu

Pour minimiser les effets dus à des surtensions induites, les structures métalliques des modules et les structures métalliques support (y compris les chemins de câbles métalliques) doivent être reliées à une liaison équipotentielle elle-même reliée à la terre. Ces structures métalliques étant généralement en aluminium, il convient d'utiliser des dispositifs de connexion adaptés. Les conducteurs en cuivre nu ne doivent pas cheminer au contact de parties en aluminium. La mise en œuvre de la mise à la terre des modules PV est réalisée conformément aux prescriptions du fabricant.

Conformément à l'article 8.1 de la NF EN 61730-2, un module avec des parties conductrices accessibles qui forment l'armature du périmètre ou le système de montage, ou qui a une surface conductrice supérieure à 10 cm² accessible après l'installation doit avoir des dispositions pour la mise à la terre. Ces masses et éléments conducteurs d'une installation PV doivent être connectés à la même prise de terre. Les conducteurs de mise à la terre (isolés ou nus) ont une section minimale de 6 mm² cuivre ou équivalent. Les conducteurs isolés doivent être repérés par la double coloration vert-et-jaune.

2.2.6.2 Partie courant alternatif

L'ensemble des masses coté AC doit être relié à la terre par un conducteur de protection selon la norme NF C 15-100.

La masse de l'onduleur doit être reliée à la liaison équipotentielle par un conducteur de section minimale égale à 6 mm² Cu ou équivalent, et au conducteur de protection de la partie AC.

2.2.7 Simulation de l'installation photovoltaïque par le logiciel PVsyst

Le logiciel PVsyst est un logiciel de dimensionnement qui permet de prendre en compte le profil de charge et les données météorologiques du site.

La figure 3.9.1 présente l'environnement de travail du logiciel PVsyst ainsi que les valeurs trouvées

PVSYST V6.70		07/11/19	Page 3/5
Système couplé au réseau: Résultats principaux Projet : SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE RACCORDE AU RESEAU POUR ENERGECO AFRIQUE Variante de simulation : INSTALLATION SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE			
Principaux paramètres système	Type de système	Couplé au réseau	
Orientation plan capteurs	inclinaison	15°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	AxiPower AC-300P/156-72S	Pnom 300 Wc
Champ PV	Nombre de modules	12	Pnom total 3600 Wc
Onduleur	Modèle	Sunmaster ES3.6TL	Pnom 3600 W ac
Besoins de l'utilisateur	profil journalier	Modulation saisonnière	Global 4120 kWh/an

Figure 2.2-4 : présentation du logiciel PVsyst ainsi que les valeurs obtenues pour le dimensionnement de l'entreprise ENERGECO AFRIQUE

Le logiciel certifie nos résultats précédemment trouvés :

- Pnom totale PV : 3600 Wc
- Pnom onduleur : 3600 Wac
- Nombre de modules : 12

2.2.8 Schéma de l'installation du système photovoltaïque

La figure 3.10-1 montre l'intégralité de l'installation électrique effectuée à l'entreprise Energéco Afrique. Les différents paramètres sont ainsi résumés.

- Champ PV : 3600Wc/72V
- Parc de batterie : 48V/440Ah
- Onduleur hybride intelligent 5KVA / 48V
- Longueur et sections des équipements
- Protections des équipements
- Inverseur manuelle qui permet de basculer en solaire (1), Senelec (2) ou en mode off (0).

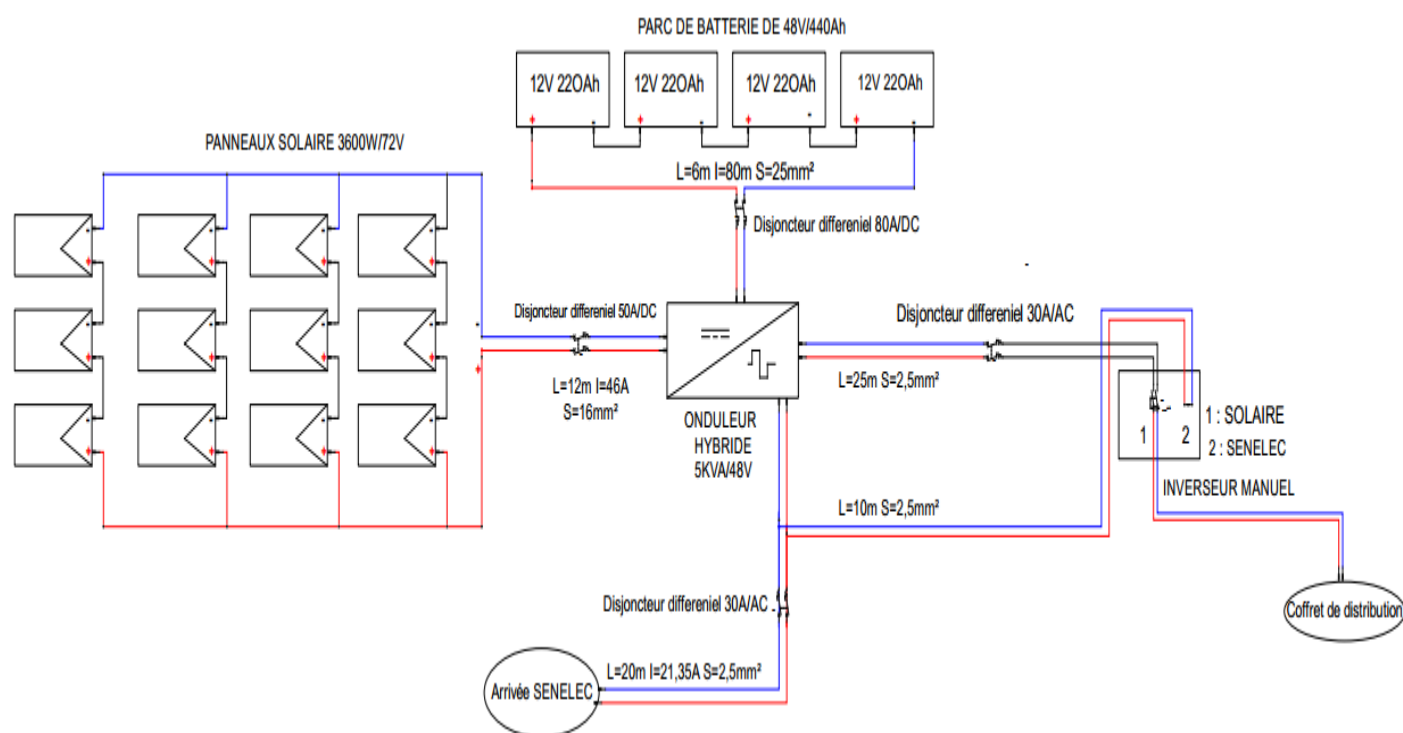


Figure 2.2-5 : Schéma de l'installation du système photovoltaïque

Conclusion

Le diagnostic du système photovoltaïque existant à l'entreprise Energéco AFRIQUE a permis de repérer la défaillance de ce système. Parmi les solutions existantes, faire une nouvelle installation s'avère plus appropriée dans le cas où il permet de satisfaire la totalité des besoins énergétiques de l'entreprise mais aussi en cas de non débit du système le réseau viendra en appoint. La proposition faite pour Energéco Afrique lui permettra d'être autonome et d'atteindre son autosuffisance énergétique.

Dans le chapitre 3, le devis de l'installation sera fait en premier ensuite l'étude économique et enfin l'étude écologique de l'installation.

Chapitre 3

Devis et Etude économique du système photovoltaïque proposé pour l'entreprise ENERGECO AFRIQUE

Introduction

Toute installation nécessite des frais. Nous avons pu identifier dans les chapitres précédents les dispositifs nécessaires pour rendre autonome l'entreprise. Cependant un coût est nécessaire pour la réalisation de cet objectif. Ce coût doit être obtenu de façon à rendre compétitif et pousser l'entreprise à suivre une orientation vers le solaire d'une part ; d'autre part la proposition doit avoir un impact dans le domaine écologique. Ce chapitre permet de déterminer d'abord le devis de l'installation proposée pour l'entreprise ensuite son étude économique et enfin son étude écologique.

3.1 Devis du système photovoltaïque

Pour déterminer le coût d'une installation photovoltaïque, il est indispensable de connaître, le prix de ces panneaux photovoltaïques, le coût du système d'intégration, le coût des onduleurs photovoltaïques, le coût des composants électriques et le coût des câbles électriques photovoltaïques. Ensuite, viendra s'ajouter le coût de la main d'œuvre, qui représente une part, sans oublier les frais de transport, les frais de l'installation électrique.

Le tableau 4.1-1 montre les fournitures et les installations de ce système :

Tableau 4.1 1 : Fourniture et installation solaire

				Transport (FCFA)	Prix de Revient (FCFA)
Désignation	Qté	P.A.U (FCFA)	P.A.T (FCFA)		
Panneaux solaires 300 W 24V	12	110 000	1 320 000	6 000	1 326 000
Onduleur 5KVA 48 V	1	500 000	500 000	6 000	500 000
Batterie 12V 220 Ah	4	200 000	800 000	6 000	806 000
Support panneaux	12	20 000	240 000	6 000	246 000
Accessoires (boîtes de dérivation, câbles électriques, disjoncteurs, inverseurs ...)	1	70 000	70 000	6 000	76 000
Main d'œuvre + Maintenances	1	100 000	100 000	-	100 000
TOTAL SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE					3 054 000

Le devis de notre système photovoltaïque s'élève à :

- ✓ **Trois millions cinquante-quatre mille FCFA**
- ✓ **3.054.000 FCFA**

3.2 Etude économique de l'installation PV

Suite à notre étude du système d'installation photovoltaïque ; il est important d'évaluer le coût annuel total de notre système, le prix annuel de l'électricité consommée par l'entreprise. La facture de la Senelec n : 7570085273 du mois de septembre 2019 révèle les prix ci-dessous :

	Cons (KWh)	Tarif (FCFA /KWh)	Montant (FCFA)
1ère Tranche	54	128.85	6958
2ème Tranche	487	135.68	66 076
3ème Tranche	134	147.68	19789
Total			92823

Figure 3.2-1 : Prix facturés par la SENELEC

En tenant en compte le TCO (0.025), la redevance, la base de calcul TVA et le TVA (0.18) ; le montant net à payer est de **116 000 FCFA**.

Sa consommation totale pendant les 65 jours est de 675 KWh ; d'où sa consommation journalière est de : $675000/65 = 10384 \text{ Wh/j}$ qui correspond à notre dimensionnement en besoin journalière qui était de 10312 Wh/j .

Le prix fixe mensuel en consommation d'Energeco est de : $116000 / 2 = 58000 \text{ FCFA/mois}$

3.3 Détermination du temps de retour sur investissement

Temps de retour sur investissement est le prix fixe annuelle en consommation d'Energeco divisé par le cout de l'installions PV.

$$\text{TRI} = \frac{\text{Cout de l'installation PV}}{\text{Prix Fixe Mensuelle} \times K}$$

Équation 3.3-1 : Temps de retour sur investissement

TRI : Temps de retour sur investissement

$$\text{TRI} = \frac{30540000}{58000 \times 1,4 \times 12} = 3,13 \text{ ans}$$

D'après les résultats de l'analyse financière, le temps de retour sur l'investissement est **de 3 ans et 2 mois**.

3.4 Détermination du Taux de CO₂ à éviter

La technique photovoltaïque affirme à travers ce projet que l'orientation vers l'électricité solaire est une alternative fiable et respectueuse de l'environnement face à la problématique de l'énergie. Elle présente aujourd'hui une meilleure solution économique pour couvrir les besoins en termes d'énergie.

L'équivalence en CO₂ a évité selon le facteur d'émission de la SENELEC en 2017 est de 0,773/MWh kg/an [5]. Le taux de CO₂ à éviter se détermine par la formule ci-dessous :

$$T_{CO_2} = \frac{\text{Besoin annuel} * 0,773}{1000}$$

Équation 3.4-1 : Taux de CO₂ à éviter

TCO₂ : Taux de CO₂ à éviter

AN :

$$T_{CO_2} = \frac{10312 * 365 * 0,773}{1000} = 2909,924 \text{ kg/an}$$

Alors le système photovoltaïque évitera un taux d'émission de CO₂ de **2909,47924 kg/an**.

Sachant que la durée de vie d'un système photovoltaïque raccordé au réseau est estimée à 20 ans. Alors la masse totale de CO₂ à éviter sera de **58189,5848 kg/20ans**.

Conclusion

Le devis, l'étude économique et écologique faite pour le système photovoltaïque proposé à Energéco Afrique est un système rentable et fiable avec un temps de retour sur investissement dès 3 ans et 2 mois. Ce qui permettrait à l'entreprise d'être autonome énergétiquement et d'avoir des gains après le temps de retour sur investissement.

Conclusion générale

Ce stage de fin d'étude était une occasion pour consolider notre connaissance dans le domaine du dimensionnement photovoltaïque tout en développant notre capacité d'adaptation, d'organisation et d'initiative.

Dans un premier volet, la présentation de l'entreprise permet de voir que Energeco AFRIQUE est une société à responsabilité limitée (SARL) avec un capital de 200.000.000 FCFA. Elle a été créée depuis 1982 et constitue une structure de défis au niveau de l'électrification, de la construction positive. Son savoir-faire et l'expérience acquise lui ont valu la confiance de grandes structures à travers d'importants travaux notamment USAID, Ambassade des états unis, SONATEL, SENELEC, ACER, Ecole internationale de Dakar (EID) etc. ... Dans le deuxième volet, le diagnostic de l'installation photovoltaïque existant à Energeco AFRIQUE a permis de recenser six panneaux photovoltaïques de 180Wc/24V et un onduleur Esun 3000W/24V. Ce dernier révèle que le système est en arrêt dû à deux batteries défectueuses qui sont intégrées au niveau de l'onduleur. Des solutions ont été proposées et celle de faire une nouvelle installation photovoltaïque composée d'un onduleur hybride intelligent a été adoptée. Ce qui a permis de trouver :

- Besoin journalier 10312 Wh/j
- Puissance crête 3125 Wc
- 12 panneaux de 300 Wc/24V
- 1 onduleur hybride monophasé 5KVA/48V

L'étude économique et écologique révèle que :

- Le devis de l'installation s'élève à 3.660.000FCFA
- L'étude économique de l'installation PV a permis de trouver le temps de retour sur investissement qui est de 3 ans et 2 mois
- Le taux de CO₂ à éviter en une année est de 2909,47924 kg/an soit 58189,5848 kg/20ans

L'installation photovoltaïque que nous proposons à l'entreprise est intéressante du point de vue économique, écologique et permet un retour sur investissement intéressant. A cela s'ajoute le contrôle intelligent fait par l'onduleur et aussi la possibilité de basculer sur le réseau en cas de panne de l'onduleur grâce à l'inverseur manuelle.

Perspectives :

Il serait intéressant de mettre en place un système de contrôle photovoltaïque local ou de suivi à distance via l'onduleur [6].

Webographie

- (1) <https://www.cdiscount.com/informatique/onduleur-prise-parafoudre/onduleur-quasi-sinus-3000w-24v/f-1073905-sel3795486451565.html> (Onduleur Esun 3000W/24V) (02/10/2019)
- (2) <http://www.energie.gouv.sn/solaire-photovoltaïque/> (gisement solaire Sénégal) (01/02/2020)
- (3) <http://sosenergie.sn/polycristalline/36-panneau-poly-300w.html> (Panneau SOS 300Wc) (24/10/2019)
- (4) https://www.wattuneed.com/fr/onduleurs-et-convertisseurs/607-onduleur-hybride-wks-5kva48v0712971127098.html?gclid=CjwKCAjw9L_tBRBXEiwAOWVVCT7lpQJjGFFfoGea41w_dxuId3JGjGFpIBpNdi6SnHbfZHj8uDpJcvxoCLZwQAvD_BwE (Onduleur hybride WKS 5KVA/48V) (Onduleur WKS 5KVA/48V Hybride monophasé) (24/10/2019)
- (5) <http://www.senelec.sn/wp-content/uploads/2018/05/PlanYessal-1.pdf> (Taux de CO2) (18/11/2019)
- (6) http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1220 (Système de contrôle local système photovoltaïque) (13/12/2019)

(ce que j'ai fais soutenance et diplome