



**SYSTEME HYBRIDE PV/DIESEL POUR L'ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS  
DE AIRTEL SUR LES SITES - STRATEGIE DE REDUCTION DU COUT DU KWH  
DE AIRTEL : CAS DU SITE DE TANG POORE**

**MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT  
OPTION : GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE**

---

Présenté et soutenu publiquement le 05/07/16 par

**Barkwende Tom Franck SINGBEOGO**

**Travaux dirigés par :**

**Arnaud OUEDRAOGO**  
Superviseur des maintenances IENG

**Dr Moussa SORO**  
Enseignant-chercheur,  
Laboratoire Energie Solaire et  
Economie d'énergie

**Dr Bachir Ismaël OUEDRAOGO**  
Coordonnateur du projet appui à  
l'entrepreneuriat dans les énergies  
renouvelables de la CEDEAO

**Jury d'évaluation du stage :**

**Président :** M. Francis SIMPORE

**Membres et correcteurs :** Dr. Moussa SORO  
Dr Daniel YAMEGUEU

**Promotion [2014/2015]**

« L'énergie n'est pas épuisée par l'activité, mais plus tôt maintenue par elle »

**GERMAINE GRIEER**

## DEDICACES

A celui qui était, qui est et qui sera.

A tous ceux qui ont cru en moi.

A mon grand frère Alain Placide SINGBEOGO parti très tôt, que ton âme repose en paix.

A mes parents pour leur soutien multiforme tout au long de ma formation.

A mes parrains Karel et Joke BLANKEN, pour avoir cru en mes capacités et compétences.

A mon grand-père Tom PONSIOEN pour ces encouragements.

A mes frères et amis Stanislas SINGBEOGO, Flavien SINGBEOGO et Melissa Merveille

BOUTE pour leurs encouragements et leurs aides multiformes

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail j'aimerais transmettre mes salutations et mes remerciements les plus distingués aux personnes ayant participé de près ou de loin à la rédaction de ce document.

Mes sincères remerciements à mon maitre de stage Mr Arnaud OUEDRAOGO pour ces apports et pour ces précieux conseils.

Je remercie Mr Moussa SORO et Mr Ismaël Bachir OUEDRAGO mes encadreurs pédagogiques pour leur suivie tout au long de ce travail et pour m'avoir permis d'atteindre mes objectifs.

Mes remerciements à

- Mme Aminata OUEDRAOGO, ingénieur télécom à NETIS
- Mr Barthelemy ZONGO, chef de service maintenance à NETIS
- Mr Stéphane BILA, Manager service environnement et sécurité à EATON TOWERS

Pour leur disponibilité et leur collaboration. Chaque instant passé à vos côtés fut passionnant, et instructif.

Enfin, mes salutations et remerciements à tous mes amis et camarades de classe avec qui j'ai passé des moments inoubliables tout au long de ma formation, que notre amitié demeure et nous fasse construire l'Afrique de demain.

## RESUME

L'accès à l'énergie électrique reste un problème majeur dans les pays subsahariens, particulièrement au Burkina Faso. Cette carence engendre des conséquences négatives sur les activités des populations et des entreprises surtout en zone rurale. [1]

La plus par des sites (antennes relais) des entreprises de télécommunication installés en zone rurale sont alimentés par des groupes électrogènes. Fonctionnant 24H/24H. Ces groupes en plus de polluer l'environnement, engendrent d'énormes dépenses en carburants et en maintenances. Ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'un projet initié par la société EATON TOWERS. La société a racheté les antennes relais de l'opérateur de téléphonie mobile AIRTEL, pour 10 ans.

Le projet a pour but la valorisation de l'énergie solaire sur les sites de télécommunication, tout en réduisant considérablement les couts d'entretien et de fonctionnement. C'est dans cette optique que nous avons étudié la faisabilité d'un système hybride PV/DIESEL parallèle sur le site de Tang Poore. Notre dimensionnement a conduit à une centrale PV de 20 kWc, à un groupe électrogène SDMO de 13 kVA et à un système de stockage d'énergie d'une capacité de 600 Ah.

Une simulation grâce au logiciel HOMER à montrer que nous réduisons le cout du kWh du site de 1704 FCFA à 900 FCFA lorsque nous installons le système hybride. Cela avec un retour sur investissement de 2 ans environ et un gain en CO<sub>2</sub> de 33,8 kg / jr. Appliquer ce système hybride au 50 % des sites fonctionnant seulement aux groupes électrogènes, permettrait de faire d'énormes bénéfices mensuels de 1 479 618 FCFA par site.

### Mots Clés :

- 
- 1 – Centrale PV
  - 2 - Simulation
  - 3 – Cout du kWh
  - 4 – Système hybride
  - 5 – Diesel

## ABSTRACT

Access to electricity is a major problem in sub-Saharan Africa, particularly in Burkina Faso. This electrical energy deficiency leads to negative consequences on people's activities and businesses especially in rural areas.

Most of telecommunication companies installed sites in rural areas are powered by generators. Operating 24H/24H, these generators in addition to polluting the environment, cause huge operating costs such as fuel and maintenance costs.

This memory is part of a project initiated by the company EATON TOWERS having bought the pylons of the mobile operator AIRTEL, for 10 years. The project aims, exploitation of solar energy on telecommunication sites, while significantly reducing maintenance and operation costs. In this light, we studied the feasibility of a hybrid parallel system PV/DIESEL on the site of Tang Poore. Our design led to a PV plant of 20 kWp, a SDMO power generator of 13 kVA and an energy storage system with a capacity of 600 Ah.

A simulation using the HOMER software has shown that we are reducing the cost of the kWh of the site from 1704 FCFA to 900 FCFA when we install the hybrid system.

This with a return on investment of about 2 years and a gain in CO<sub>2</sub> of 33,8 kg/day.

Applying this hybrid system on 50 % of sites running only on generators, would make huge monthly profits in the order of 1 479 618 FCFA per site.

**Keywords :**

- 
- 1 – PV central
  - 2 - Simulation
  - 3 – Cost of kWh
  - 4 – Hybrid system
  - 5 – Oil fuel

## Liste des abbreviations

- BTS** : Base Transceiver Station
- CPM** : Cout de production mensuel
- HOMER**: Hybrid Optimization Model for Electric Renewables
- IENG**: Innovation Engineering
- LCOE**: Levelized Cost of Electricity
- MPPT**: Maximum Power Point Tracking
- NETIS**: Network Industry and Service
- NREL** : National Renewable Energy Laboratory
- PV** : Photovoltaïque
- RAN** : Réseau d'accès radio
- RBS** : Radio Base Station
- ROI**: Return On Investment
- RSI**: Retour Sur Investissement
- IPMU**: Integrated Management Power Unit

## Table des matières

<b>I.</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>5</b>
<b>I.1.</b>	<b>Contexte</b> .....	<b>5</b>
<b>I.2.</b>	<b>Problématique et objectif du stage</b> .....	<b>6</b>
<b>II.</b>	<b>Présentation de l'entreprise</b> .....	<b>7</b>
<b>II.1.</b>	<b>Organisation de l'entreprise</b> .....	<b>7</b>
<b>II.2.</b>	<b>Les différents types de sites</b> .....	<b>11</b>
<b>II.3.</b>	<b>Présentation du site de TANG POORE</b> .....	<b>12</b>
II.3.1.	Les sites « INDOOR » (site de Tang Poore) .....	12
II.3.2.	Les sites « OUTDOOR » .....	13
<b>III.</b>	<b>Etude bibliographique des systèmes hybrides PV/DIESEL</b> .....	<b>15</b>
<b>III.1.</b>	<b>Définition d'un système hybride</b> .....	<b>15</b>
III.1.1.	Configuration PV/Diesel série .....	15
III.1.2.	Configuration PV/Diesel commuté .....	16
III.1.3.	Configuration PV/Diesel parallèle .....	17
<b>III.2.</b>	<b>Les principaux composants d'un champ PV</b> .....	<b>19</b>
III.2.1.	Les modules photovoltaïques .....	19
III.2.2.	L'influence des paramètres externes sur les modules solaires .....	20
III.2.3.	L'onduleur ou convertisseur statique .....	21
III.2.4.	Le régulateur de charge et de décharge .....	22
III.2.5.	Les accumulateurs .....	22
<b>IV.</b>	<b>Présentation du logiciel Homer</b> .....	<b>24</b>
<b>IV.1.</b>	<b>Présentation</b> .....	<b>24</b>
<b>IV.2.</b>	<b>Fonctionnement</b> .....	<b>24</b>
IV.2.1.	Les paramètres d'entrée .....	25
IV.2.2.	Les sorties .....	25
<b>V.</b>	<b>Dimensionnement du système hybride PV/DIESEL</b> .....	<b>26</b>
<b>V.1.</b>	<b>Présentation</b> .....	<b>26</b>
<b>V.2.</b>	<b>Schéma synoptique du système</b> .....	<b>27</b>
<b>V.3.</b>	<b>Dimensionnement de la partie photovoltaïque</b> .....	<b>27</b>
V.3.1.	Bilan de puissance et présentation des équipements .....	27
V.3.2.	Choix de la tension du champ PV .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

V.3.3.	Estimation de la capacité de la batterie d'accumulateur.....	30
V.3.4.	Estimation du champ PV (Wc).....	31
V.3.5.	Choix du régulateur de charge et de décharge.....	32
<b>V.4.</b>	<b>Dimensionnement du générateur DIESEL .....</b>	<b>33</b>
<b>VI.</b>	<b><i>Etude technico-économique.....</i></b>	<b>36</b>
VI.1.1.	Schéma synoptique système diesel simple (Homer).....	36
VI.1.2.	Résultat de la simulation avec Homer .....	37
<b>VI.2.</b>	<b>Système hybride PV/DIESEL parallèle .....</b>	<b>37</b>
VI.2.1.	Schéma synoptique système PV/DIESEL parallèle (Homer).....	38
VI.2.2.	Résultat de la simulation avec Homer .....	39
<b>VI.3.</b>	<b>Retour sur investissement .....</b>	<b>39</b>
<b>VII.</b>	<b><i>Impact environnemental .....</i></b>	<b>42</b>
VII.1.1.	Le potentiel de réchauffement global (PRG).....	42
VII.1.2.	L'équivalent carbone .....	42
VII.1.3.	L'impact de notre système hybride PV/Diesel sur l'environnement .....	42
	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>44</b>
	<b><i>Bibliographie .....</i></b>	<b><i>Error! Bookmark not defined.</i></b>
	<b>ANNEXE A1: COUTS DU RAVITAILLEMENT EN CARBURANT SUR LES SITES GERES PAR IENG.....</b>	<b>47</b>
	<b>ANNEXE A2 : CARACTERISTIQUES DU GROUPE ELECTROGENE .....</b>	<b>57</b>
	<b>ANNEXE A3 : CARACTERISTIQUES DU MODULE PHOTOVOLTAIQUE .....</b>	<b>59</b>
	<b>ANNEXE A4: CARACTERISTIQUES DU REGULATEUR DE CHARGE.....</b>	<b>60</b>
	<b>ANNEXES A5 : CARRACTERISTIQUES DE LA BATTERIE D'ACCUMULATEUR ....</b>	<b>61</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2 : Bilan de puissance .....	30
Tableau 4 : Données sur l'ensoleillement et la température la ville de Ouagadougou .....	31
Tableau 5 : valeurs d'entrées Homer : simulation du système diesel simple.....	36
Tableau 6 : valeurs d'entrées Homer, simulation du système PV/DIESEL parallèle .....	38
Tableau 7 : Retour sur investissement.....	41

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme I. Engineering .....	8
Figure 2 : Schéma du procédé de la maintenance de Eaton Towers .....	9
Figure 3 :Schéma du procédé du ravitaillement des sites de Eaton Towers .....	10
Figure 4 type de site selon la source d'alimentation .....	11
Figure 5 Site INDOOR TangPoore ZONE DE KAYA.....	13
Figure 6 : site outdoor SOURGOUBILA ZONE OUAHIGOUHA.....	14
Figure 7 : Configuration PV/Diesel série .....	15
Figure 8 : Configuration PV/Diesel commuté.....	17
Figure 9 : Configuration PV/Diesel parallèle.....	18
Figure 10 : Cellules monocristallines.....	19
Figure 11 : Cellules poly cristallines.....	19
Figure 12 : Cellules amorphes.....	20
Figure 13 : Principe d'un onduleur .....	22
Figure 14 : Régulateur solaire .....	22
Figure 15 : Schéma synoptique système hybride .....	27
Figure 16 : Photo d'une RBS .....	28
Figure 17 : Photo d'une transmission.....	29
Figure 18 Répartition des courants au niveau d'un régulateur.....	32
Figure 19 : Schéma synoptique système diesel simple .....	37
Figure 20 : Résultat simulation, prix du kWh site de Tang Poore .....	37
Figure 21 : Schéma synoptique système PV/DIESEL parallèle .....	38
Figure 22 : Résultat simulation, prix du kWh du système hybride PV/DIESEL.....	39
Figure 23 Emissions en CO2 des différentes filières de production d'électricité, source greenit.fr .....	43

## I. INTRODUCTION

### I.1. CONTEXTE

L'ensemble du parc de production totalise une puissance installée de 250 MW dont 32 MW pour les centrales hydroélectriques et 218 MW pour les centrales thermiques (dont 3 MW pour les centrales des coopératives d'électricité et des promoteurs privés) [1]. Sa stratégie d'approvisionnement consiste donc, pour alléger le fardeau d'une production nationale quasi exclusivement thermique, à développer les interconnexions régionales et à importer de l'énergie moins chère depuis les pays côtiers tels que la Côte d'Ivoire et le Ghana, qui disposent de ressources hydrauliques ou gazières importantes.

Innovation Engineering est une société libanaise installée au Burkina Faso depuis 2013. La société travaille sous la tutelle de EATON TOWERS, une société de télécommunication ayant racheté les piliers téléphoniques de AIRTEL pour 10 ans dans quelques pays d'Afrique dont le BURKINA FASO. I Engineering sous la supervision de EATON TOWERS fait la maintenance des sites téléphoniques ainsi que le ravitaillement en carburant des groupes électrogènes sur ces sites dans les zones de KAYA, DORI, OUAHIGOUYA, BOBO.

Au Burkina Faso les compagnies de télécommunication ont toujours utilisé essentiellement les groupes électrogènes pour l'alimentation des sites. Ce mode de production d'électricité engendre d'énormes coûts de maintenances et de consommation en carburant. La société EATON TOWERS veut désormais valoriser l'énergie solaire. En effet, énergie non polluante, fiable et durable, elle peut être associée au diesel (groupe électrogène). Cela permettra sans doute d'optimiser le réseau téléphonique tout en minimisant les coûts d'entretien et de production. C'est dans ce sens que se formule notre thème d'étude : **SYTHEME HYBRIDE PV/DIESEL POUR L'ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS DE AIRTEL SUR LES SITES-STRATEGIE DE REDUCTION DU COUT DU KWH DE AIRTEL : CAS DU SITE DE TANG POORE.**

Nous ferons notre étude sur le site de TANG POORE, dans la zone de Kaya. Un site sur lequel est installé un système solaire isolé avec stockage d'énergie. Installé par Total Burkina ce système a immédiatement montré ces limites. Nous poserons clairement la problématique, puis par une étude détaillée des différentes configurations hybrides PV/DIESEL, nous ferons un choix judicieux du type de système à installer sur le site. Notre étude se terminera par une simulation et une analyse technico-économique à l'aide du logiciel HOMER.

## I.2. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIF DU STAGE

De nos jours nous ne pouvons quasiment plus vivre sans téléphone, sans internet. La communication sans fil joue un rôle incontournable dans notre siècle, nous pouvons même dire qu'elle est devenue indispensable. Les sociétés de télécommunication au Burkina Faso font face à d'énormes dépenses du fait qu'elles utilisent sur leurs sites des groupes électrogènes. Cette situation est alarmante. En plus de polluer l'environnement, les groupes électrogènes consomment beaucoup de carburant et nécessitent d'énormes maintenances.

En outre les sites (antennes relais) sont souvent situés à des endroits inaccessibles, surtout pendant la saison pluvieuse. Les techniciens, en plus de parcourir plusieurs kilomètres, sont confrontés à plusieurs risques chaque fois qu'ils se rendent sur ces lieux (insécurité, accidents, etc.).

Ce stage nous a permis de connaître à travers des sorties sur terrain, l'environnement des télécoms. Nous nous sommes fixés comme objectif de proposer une solution qui permettrait de réduire les couts de maintenances ainsi que la consommation en carburant sur les sites tout en apportant le même niveau de service qui existe actuellement.

## II. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

### II.1. ORGANISATION DE L'ENTREPRISE

Rappelons que I Engineering est une société sous-traitante d'EATON TOWERS. Elle est composée de 82 employés. Comme toute entreprise elle est structurée en plusieurs départements. I Engineering est chargé de la maintenance des sites d'AIRTEL dans les zones ouest et nord du Burkina Faso.

- La Direction Générale est en charge d'assurer la coordination de toutes les entités sous sa tutelle et son management.
- La direction des Finances est en charge de tous les exercices comptables et de la fiscalité
- La direction des ressources humaines est en charge de la gestion du personnel
- Le département management services est en charge des opérations de maintenances et des ravitaillements en gasoil
- Le service projet est en charge de tous les projets en cours et en vue dans la société

Nous avons travaillé essentiellement dans le département management des services, (maintenance et ravitaillement). Les figures ci-dessous illustrent l'organisation de l'entreprise et les étapes qu'elle suit lors des opérations sur un site.

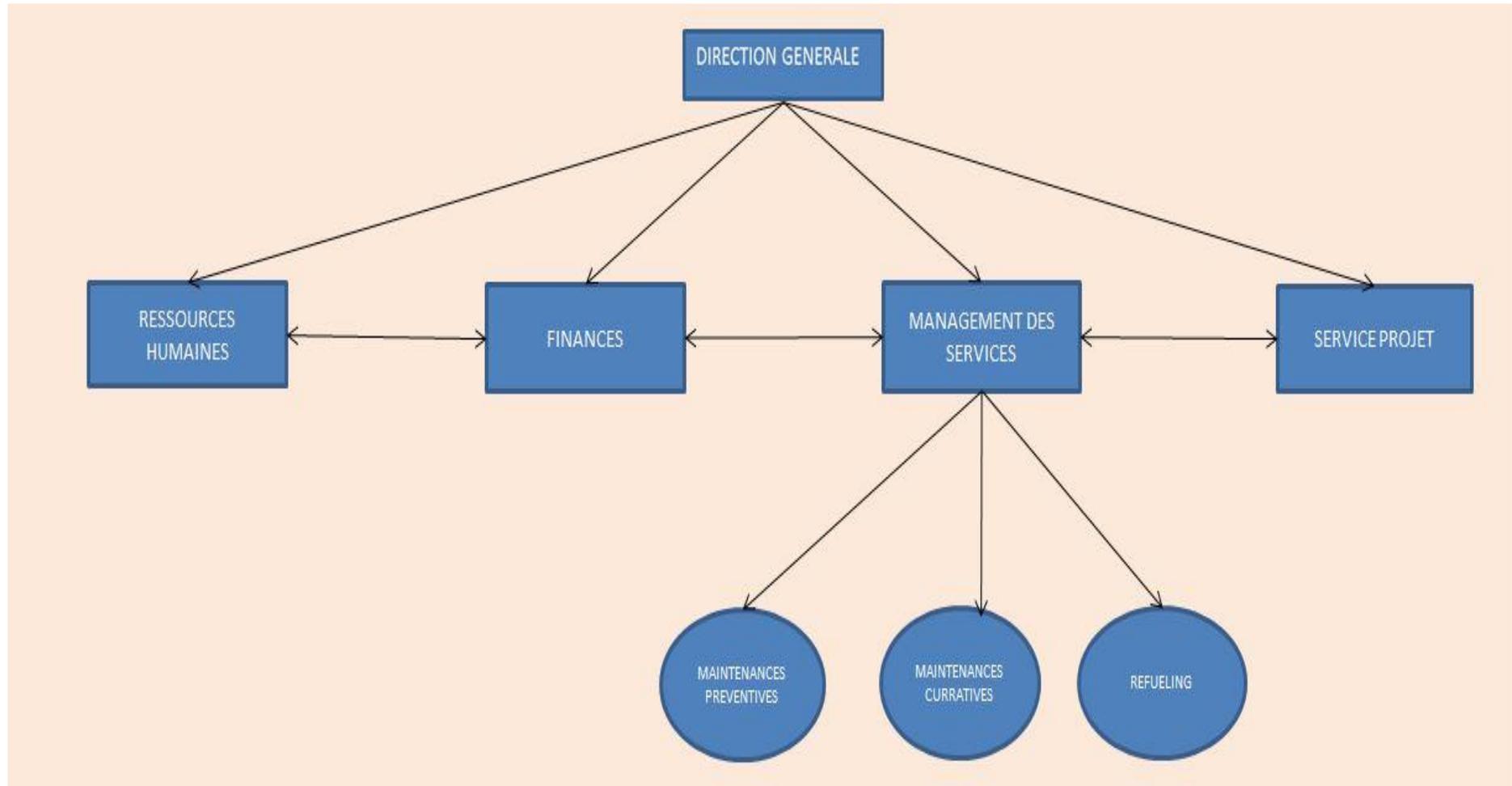


Figure 1 : Organigramme I. Engineering

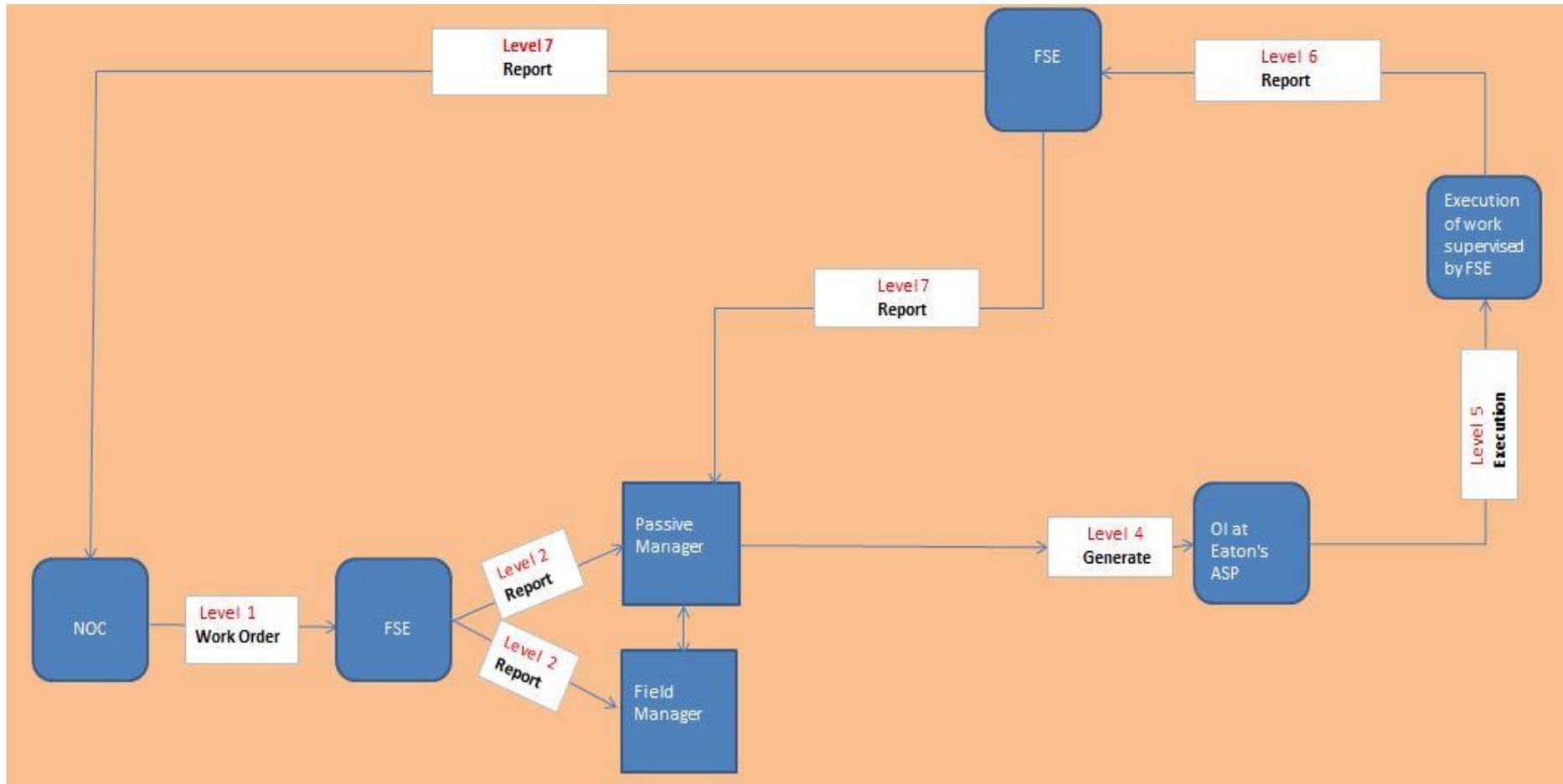


Figure 2 : Schéma du procédé de la maintenance de Eaton Towers

Cette figure explique le processus exigé par EATON TOWERS pour la maintenance de leurs sites. Il est en 7 points. Un ordre est généré au NOC à l'intention de NETIS OU IENG. Les 2 sociétés sous la supervision de l'ingénieur de EATON accomplissent la tâche et rapportent par la suite au NOC

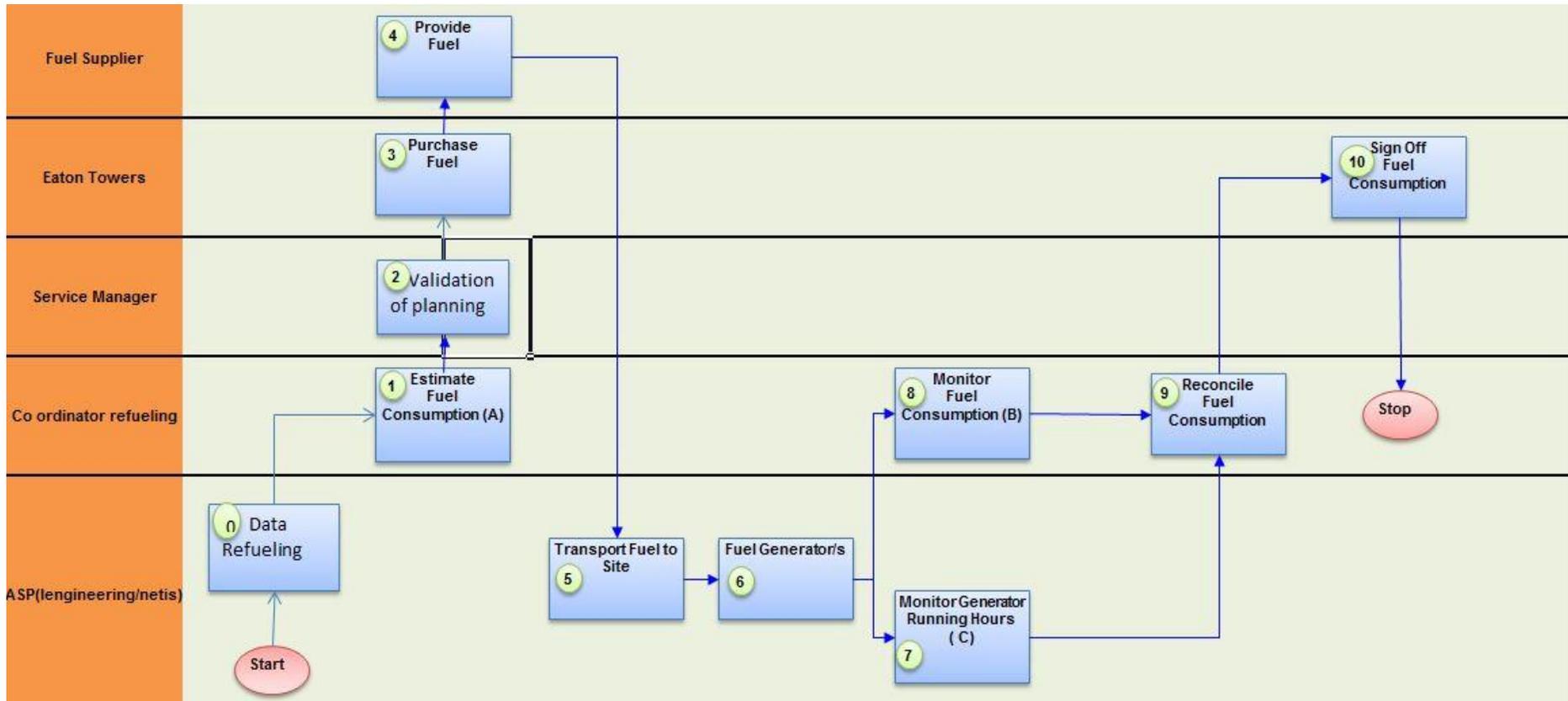


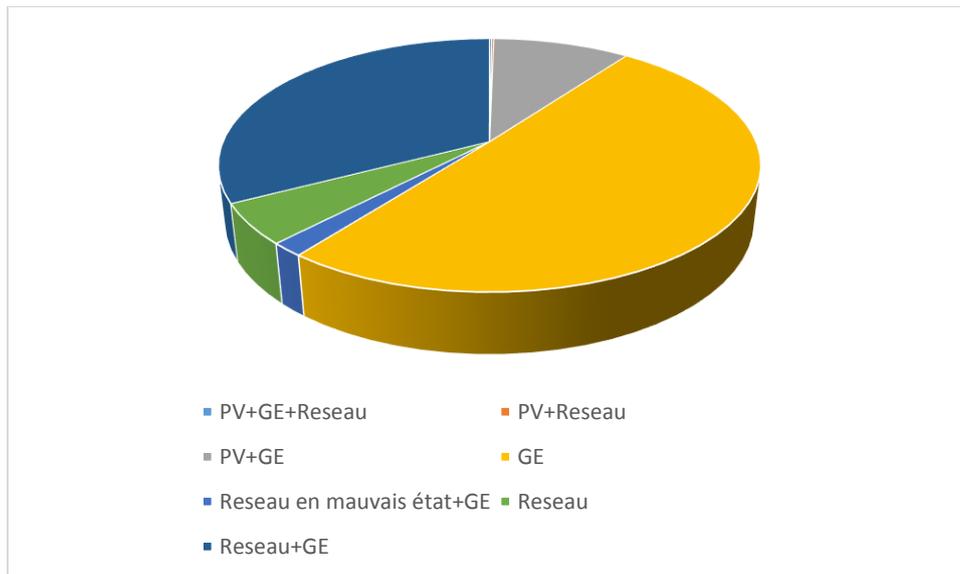
Figure 3 :Schéma du procédé du ravitaillement des sites de Eaton Towers

Cette figure relate du processus exigé par EATON pour le ravitaillement de leurs sites. Le coordonnateur des ravitaillements à EATON fait le planning et soumet à son manager. Ce dernier en collaboration avec le Chain Supply Manager se charge de faire les commandes de carburants à TOTAL, vivo energy. Les sociétés d'hydrocarbures livrent le produit à NETIS et IENG qui font le service sur les sites sous la supervision du coordonnateur.

## II.2. LES DIFFERENTS TYPES DE SITES

EATON TOWERS possède, en total 641 sites de AIRTEL dont 360 sont à la charge de I. Engineering et 281 de NETIS. Parmi les 641 sites, 4 sont en « Off Air », toujours en constructions.

Selon la source d'alimentation électrique, nous avons plusieurs catégories de sites qui sont regroupés dans le tableau ci-dessous :



**Figure 4 type de site selon la source d'alimentation**

Nous remarquons que sur environ 10% des sites sont installés des systèmes solaires isolés, et plus de 50% des sites sont alimentés uniquement par des groupes électrogènes 24h/24H et 7j/7j engendrant d'énormes frais de maintenances et une consommation considérable de carburant. Les sites alimentés par le réseau et par le réseau + groupe électrogène sont d'environ 37,83 %. Mais notons que sur 1,72 % de ces sites les délestages sont très accentués provoquant ainsi l'utilisation répétitive du groupe électrogène.

Nous proposerons à travers ce travail un système hybride PV/DIESEL sur les sites fonctionnant seulement avec un groupe électrogène et sur ceux où le solaire ne fonctionnent pas bien. Pour ce fait nous mènerons notre étude sur le site de TANG POORE.

## II.3. PRESENTATION DU SITE DE TANG POORE

Le site de Tang Poore est premièrement un site INDOOR. Il fait partie des premiers sites sur lesquels a été installé des systèmes solaires isolés avec stockage d'énergie mais avec le temps les limites de ce système se sont faites sentir. Tous les sites sont composés des mêmes appareils en général. Le site de Tang Poore est l'un des plus proches de Ouagadougou, où sont installés des modules solaires. En effet, il existe deux (2) types de sites en télécommunication du point de vue de leur construction : les sites INDOOR et les sites OUTDOOR.

### II.3.1. Les sites « INDOOR » (site de Tang Poore)

Un site INDOOR comme son nom l'indique est un site sur lequel tous les équipements sont à l'intérieur d'un local communément appelé shelter. Sur ce genre de site en plus de pouvoir alimenter les équipements de télécommunication 24h/24h, et 7J/7J, la source d'énergie doit être capable d'alimenter les climatiseurs fonctionnant aussi 24h/24H et 7J/7J, Les appareils installés sur les sites dégagent la plupart beaucoup de chaleur pendant leur fonctionnement, ils doivent être impérativement dans un environnement froid, d'une température comprise entre 16°C et 25 °C au risque de mal fonctionner, voir bruler. Le temps à montrer que les systèmes solaires isolés avec stockage d'énergie grâce aux batteries ne tenaient pas longtemps, surtout à cause des climatiseurs. La charge étant trop élevée, les batteries initialement d'une grande capacité et très chère à l'achat s'épuisent rapidement. C'est ainsi que sur le site de Tang Poore et sur tous les autres sites du même type où sont installés un système solaire, les ingénieurs ont finis par séparer la charge en deux : le champ solaire alimentant une partie des équipements dans le shelter et un groupe électrogène alimentant une autre partie transférée hors du shelter. Néanmoins, cette solution reste limitée parce que les 2 sources fonctionnent séparément, pourtant la non alimentation d'une partie de la charge entraine la chute du réseau téléphonique. Au fil du temps les limites des sites INDOOR se faisant sentir, les sociétés de télécommunication en voulant réduire les charges énergétiques se sont tournées vers une nouvelle construction de leurs sites qui est le type OUTDOOR.



Figure 5 Site INDOOR TangPoore ZONE DE KAYA

### II.3.2. Les sites « OUTDOOR »

Un site OUTDOOR est un site sur lequel les équipements et appareils sont installés à l'air libre sous un hangar. Sur ces types de sites, il n'existe plus de climatiseurs. Les équipements sont refroidis à l'air ambiant mais sont désormais exposés à la poussière. L'élimination des climatiseurs réduit de manière conséquente la charge énergétique. Le site de Tang Pooré est à moitié INDOOR, moitié OUTDOOR. Une partie des équipements sont installés sous un hangar à l'air libre et une autre partie dans le shelter. Cependant, le problème d'alimentation n'étant toujours pas réglé, nous proposons à travers cette étude, une solution hybride. Cette source hybride composée du système solaire et du groupe électrogène permettra sans doute de réduire les problèmes.



**Figure 6 : site outdoor SOURGOUBILA ZONE OUAHIGOUHA**

### III. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES SYSTEMES HYBRIDES PV/DIESEL

#### III.1. DEFINITION D'UN SYSTEME HYBRIDE

Les systèmes hybrides sont des systèmes dynamiques faisant intervenir explicitement et simultanément des phénomènes ou des modèles de types dynamiques continus et évènementiels.

En production énergétique une solution hybride est généralement un système associant un groupe Diesel avec le photovoltaïque ou l'éolien. Le groupe électrogène sert à pallier le manque de soleil ou de vent. Il existe trois configurations de systèmes hybrides PV/Diesel que sont :

- Configuration PV/Diesel série
- Configuration PV/Diesel parallèle
- Configuration PV/Diesel commuté

Cependant, ces systèmes hybrides restent très complexes et leur réalisation nécessite de bonnes études techniques.

##### III.1.1. Configuration PV/Diesel série

Dans cette configuration (voir figure 5), le générateur diesel et le champ PV sont couplés sur un bus DC. L'énergie fournie par le GE est d'abord redressée puis convertie à nouveau en courant alternatif avant d'être envoyée à la charge. Ce qui implique des pertes de conversion importante [1].

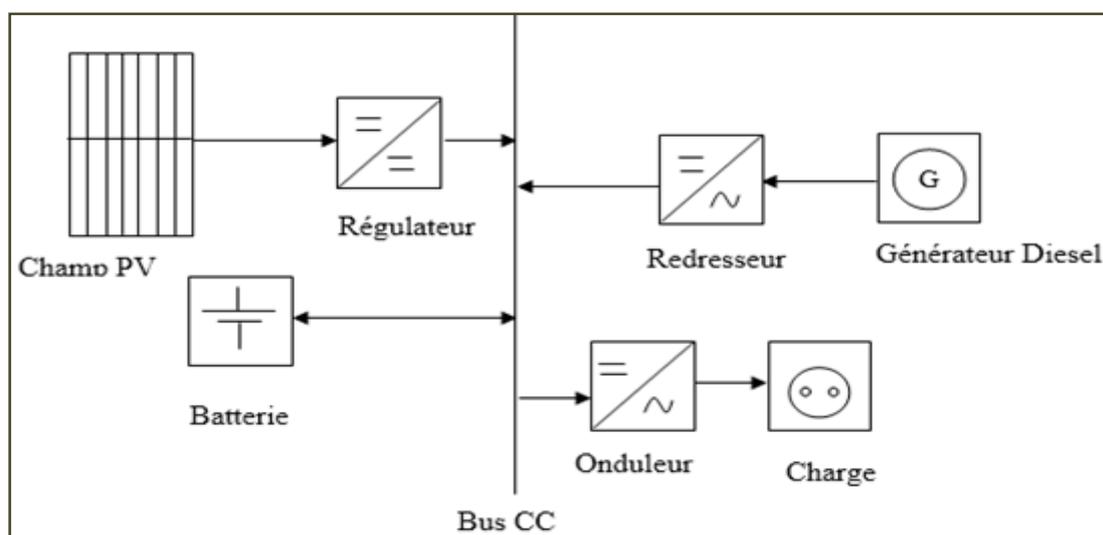


Figure 7 : Configuration PV/Diesel série

La configuration PV/Diesel série est prévue pour les petits systèmes ou la source diesel est rarement utilisé. L'énergie produite par la source diesel est d'abord redressé avant d'être de nouveau convertie en alternatif grâce à un onduleur unidirectionnel qui contrôle aussi la tension réseau. Dans ce système toutes les sources, diesel et photovoltaïques sont connectées sur le bus DC des batteries. Lorsque l'énergie fournie par les modules et les batteries sont suffisant pour alimenter les charges, le générateur diesel est alors déconnecté en ce moment.

Le système présente des avantages mais aussi des inconvénients.

➤ **Avantages**

- La puissance du générateur diesel peut être optimale lorsqu'il approvisionne la charge et aussi lorsqu'il charge les batteries.
- La mise en marche du générateur diesel ne provoque pas d'interruption de l'alimentation de la charge
- Une économie de carburant et une baisse de pollution environnementale (gaz à effet de serre)
- Une configuration électrique plutôt aisée, (absence d'inverseur de sources).

➤ **Inconvénients**

- L'onduleur ne peut pas travailler en parallèle avec le générateur diesel, il faudrait donc le dimensionner pour satisfaire la puissance de pointe de la charge.
- La durée de vie des batteries est réduite suite à leur forte sollicitation
- Le rendement global du système est faible à cause des pertes de conversion
- La dépendance du système vis-à-vis de l'onduleur.

### **III.1.2. Configuration PV/Diesel commuté**

Cette configuration (voir figure 6) est très fréquemment utilisée malgré les limites opérationnelles. Le générateur diesel est connecté au bus AC, ce qui la rend plus efficace que la configuration en série [1]. Aussi, dans cette configuration, le générateur diesel est en pause lorsque la charge peut être alimentée par le PV et les batteries

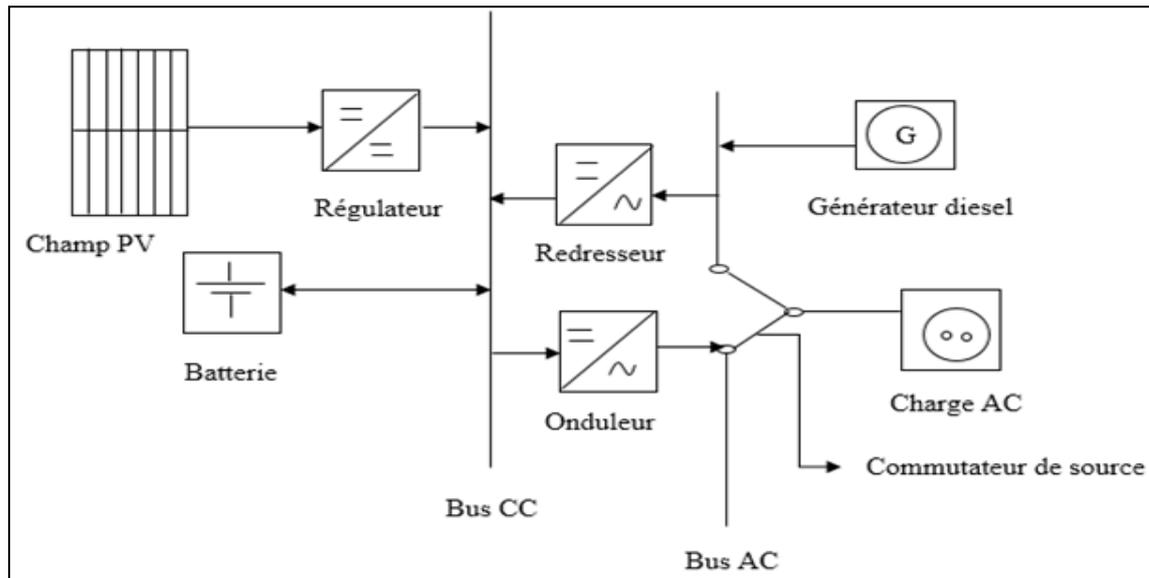


Figure 8 : Configuration PV/Diesel commuté

Les avantages et les inconvénients de cette configuration sont les suivantes :

➤ **Avantages**

- Le générateur diesel est autonome et peut fournir directement l'énergie à la charge, ce qui augmente le rendement du système et diminue la consommation de carburant.
- Les pertes de conversion notées dans la configuration en série sont éliminées dans celle-ci.

➤ **Inconvénients**

- Il existe une interruption d'alimentation de quelques instants lors de la commutation de source
- Le générateur et l'onduleur sont dimensionnés pour la puissance pointe de la charge, ce qui réduit leurs rendements en fonctionnement à faible charge.
- Variation de tension généralement lors de la commutation de source.
- Système complexe

### III.1.3. Configuration PV/Diesel parallèle

Contrairement aux deux configurations précédentes, dans la configuration parallèle (figure 7), les deux sources qui sont le générateur diesel et le photovoltaïque peuvent fonctionner séparément mais aussi en même temps pour alimenter la charge. La configuration parallèle permet d'alimenter une charge supérieure à la puissance nominale du générateur diesel.

L'utilisation des batteries de stockages ne sont pas une obligation, dans ce sens que nous pouvons faire une injection directe dans le réseau.

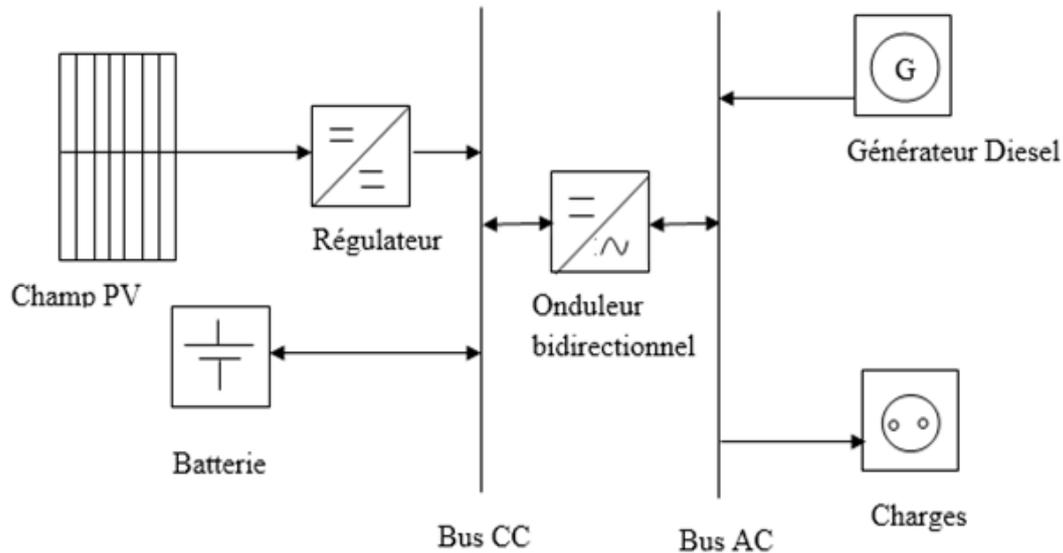


Figure 9 : Configuration PV/Diesel parallèle

Les avantages et les inconvénients de cette configuration sont les suivantes :

➤ **Avantages**

- Une possibilité de synchroniser l'onduleur et le générateur diesel permettant une flexibilité du système
- Les sources sont complémentaires et peuvent aussi fonctionner séparément
- Le rendement du générateur diesel peut être augmenté ou diminué
- La consommation de carburant est réduite

➤ **Inconvénients**

- Un contrôle automatique est indispensable pour le bon fonctionnement du système
- La déconnexion du système souvent provoqué par les creux de tension ou les variations de fréquence
- Système complexe

## III.2. LES PRINCIPAUX COMPOSANTS D'UN CHAMP PV

### III.2.1. Les modules photovoltaïques

On distingue actuellement 3 principaux types de panneaux photovoltaïques qui sont différenciés par le type de cellules qui les composent. Toutes les cellules sont produites à base de silicium, mais les méthodes de fabrication leurs donnent des caractéristiques très différentes, notamment en termes de productivité.

#### ➤ Les cellules monocristallines

Les cellules monocristallines sont issues d'un seul bloc de silicium fondu, elles offrent le meilleur rendement (entre 13 et 17%), mais sont aussi plus chères à la production, donc à la vente [2]. Ces cellules sont en générale octogonales et d'une couleur uniforme foncée. Ces cellules sont les plus performantes

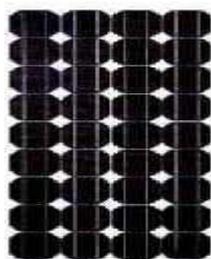


Figure 10 : Cellules monocristallines

#### ➤ Les cellules poly cristallines

Les cellules poly cristallines sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples. Vues de près on peut voir les orientations différentes des cristaux. Elles ont un rendement de 11 à 15%, mais leur cout de production est moins élevé que les cellules monocristallines [2]. Elles sont en générale de forme rectangulaire et sont bleu nuit avec des reflets.

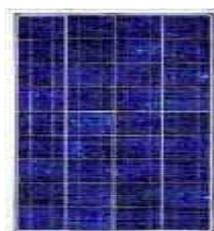


Figure 11 : Cellules poly cristallines

#### ➤ Les cellules amorphes

Les cellules amorphes sont produites à partir d'un gaz de silicium, qui est projeté sur du verre, du plastique souple ou du métal, par un procédé de vaporisation sous vide. La cellule est grise

très foncé. C'est la cellule des calculatrices et des montres dites < solaires >, car ce type de cellule est bon marché et la technologie est utilisable sur de nombreux supports, notamment des supports souples. Le problème c'est que son rendement est 2 à 3 fois plus faible que les cellules monocristallines [2].



Figure 12 : Cellules amorphes

### III.2.2. L'influence des paramètres externes sur les modules solaires

#### ➤ L'influence de la température sur les cellules photovoltaïques

Le rendement d'une cellule solaire dépend de l'éclairement et grandement de la température. La température est un paramètre important puisque les cellules sont exposées au rayonnement solaire, susceptible de les échauffer. De plus, une partie du rayonnement absorbé n'est pas convertie en énergie électrique, elle se dissipe sous forme de chaleur. C'est pourquoi la température d'une cellule est toujours plus élevée que la température ambiante.

Pour estimer la température de cellule  $T_c$  à partir de la température ambiante  $T_a$ , on peut utiliser la formule de correction suivante :

$$T_c = T_a + \left(\frac{E_m}{800}\right)(TUC - 20)$$

Avec :  $E_m$  : éclairement moyen (en  $W/m^2$ ).

.  $TUC$  : Température d'utilisation de cellule ( $^{\circ}C$ ).

La température de la cellule a une grande influence sur ses performances électriques. Plus la température est froide, plus elle est efficace. Chaque degré de réchauffement occasionne une perte de rendement de l'ordre de 0,5 % [3].

### ➤ **L'influence de la poussière sur les cellules photovoltaïques**

L'efficacité énergétique des modules solaires diminue au cours des années à cause des couches de poussière qui se déposent sur leurs surfaces. La poussière influence énormément le rendement des champs PV. Une étude menée par PERTHUE en 2014 a révélé que les modules PV perdent 2 à 12 % de leur efficacité du fait de l'accumulation de saletés sur leur surface de captation. Il est donc primordial d'effectuer régulièrement un nettoyage des modules [4].

### ➤ **L'influence de l'humidité et de l'oxygène sur les cellules photovoltaïques**

L'eau et l'oxygène peuvent se diffuser à travers toutes les couches de la cellule permettant ainsi l'oxydation des électrodes, l'oxydation thermique ou photochimique des couches organiques de la cellule et la possibilité que les produits résultants de ces réactions réagissent avec les autres constituants de la cellule. Bien que différents mécanismes de dégradation soient impliqués, c'est l'action combinée de la lumière, de l'oxygène et de la présence d'eau qui affecte le plus rapidement les performances des cellules en l'absence d'un système de protection adéquat [4].

## **III.2.3. L'onduleur ou convertisseur statique**

La transformation du courant photovoltaïque, de nature continue, en courant alternatif usuel 230V/50 Hz est effectuée par des appareils électroniques appelés convertisseurs statiques ou onduleurs. Il existe deux types d'onduleurs, les onduleurs de courant et les onduleurs de tension dont le principe est mieux maîtrisé. Il existe deux types d'onduleur de tension photovoltaïque, l'onduleur réseau unidirectionnel et l'onduleur pour les installations autonomes, qui est bidirectionnel. L'une des fonctions importantes de l'onduleur réseau est la recherche du point de puissance maximum (souvent notée MPPT pour Maximum Power Point Tracking).

La forme du signal de sortie permet de classer les onduleurs en trois catégories :

- Onduleur à onde carrée : il est peu coûteux, mais le réglage de la tension de sortie est souvent médiocre et provoque l'échauffement des moteurs. Ce type d'onduleur convient aux petites charges de chauffage à effet joule et aux systèmes d'éclairage.
- Onduleur à onde sinusoïdale modifiée : Il comporte un redresseur transistorisé ou un thyristor pour la commutation. Il peut supporter de fortes surintensités (jusqu'à 400%). Les pertes par effets joule susceptibles d'échauffer les moteurs sont réduites. Ce type d'onduleur est souvent utilisé pour de petits systèmes de pompage.

- Onduleur à onde sinusoïdale : utilisé lorsque la charge requiert un signal de sortie de haute qualité pour les appareils de commutation électronique délicats par exemple. Il ne supporte pas la surintensité et n'a pas l'efficacité de l'onduleur à onde modifiée.

L'onduleur est caractérisé par sa plage de tension, sa puissance nominale et son rendement élevée (>90 %) [5].

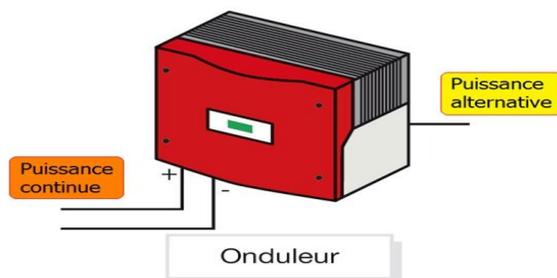


Figure 13 : Principe d'un onduleur

### III.2.4. Le régulateur de charge et de décharge

Le régulateur est un système électronique destiné à protéger la batterie contre une surcharge trop élevée ou une décharge trop profonde. La protection contre une surcharge exagérée permet d'éviter le vieillissement précoce de la batterie. La protection contre la décharge profonde se fait par un disjoncteur automatique qui a pour but d'éviter la sulfatation des plaques [5].



Figure 14 : Régulateur solaire

### III.2.5. Les accumulateurs

Elles servent à stocker l'énergie électrique produite par le champ PV. Ce stockage permet de décaler la période d'utilisation de l'énergie par rapport à l'apport énergétique solaire.

La batterie doit remplir trois fonctions essentielles :

- L'autonomie : répondre aux besoins de la charge en tout temps
- Courant de surcharge : fournir un courant plus élevé que celui que peut fournir le champ

PV pendant quelques instants, notamment pour le démarrage des moteurs dont le courant de démarrage est de 3 à 5 fois le courant nominal.

- La stabilisation de la tension : assurer une tension constante malgré les fluctuations de tension du champ PV et permettre aux appareils un fonctionnement à une tension optimisée.

Il existe essentiellement deux types d'accumulateurs utilisés dans le système photovoltaïque : les accumulateurs au plomb/acide et les accumulateurs au nickel/cadmium [6]. Le type d'accumulateurs le plus utilisée en télécom est celui au plomb/acide.

Mais plusieurs facteurs jouent sur la durée de vie des batteries. La température, le niveau de charge et le protocole de charge sont les principaux facteurs influençant la longévité des accumulateurs. Ainsi, les performances de celles-ci commenceraient à souffrir dès lors que la température excéderait 30 °C. Aussi chargée à 100 %, il est plus vulnérable et à une perte de capacité en cas de chaleurs [7].

## IV. PRESENTATION DU LOGICIEL HOMER

### IV.1. PRESENTATION

Le logiciel de modélisation HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewables) est un outil puissant pour la conception et l'analyse des systèmes de production d'électricité hybrides composés de groupes électrogènes, de systèmes de cogénération, d'éoliennes, de systèmes photovoltaïques, de systèmes hydrauliques, de batteries, de piles à combustible, de la biomasse et bien d'autres. Les ingénieurs et les non-professionnels utilisent HOMER afin d'effectuer des simulations de différents systèmes énergétiques, de comparer les résultats et d'obtenir une projection réaliste de leur capital et des dépenses d'exploitation. Il est actuellement utilisé dans le monde entier par plusieurs personnes.

Homer a été initialement développé des 1993 par le National Renewable Energy Laboratory (NREL) pour les programmes d'électrification rurale. Depuis 2009, il est disponible sous la licence HOMER Energy. HOMER détermine la faisabilité économique d'un système hybride et permet aux utilisateurs de comprendre vraiment comment les systèmes hybrides d'énergies renouvelables fonctionnent [8].

Comme la production distribuée et les projets d'énergies renouvelables continuerons d'être le segment le plus dynamique de l'industrie de l'énergie, HOMER peut servir les compagnies publiques, les télécommunications et de nombreux autres types de développeurs de projets afin d'atténuer le risque financier de leurs projets de centrales hybrides.

### IV.2. FONCTIONNEMENT

Le fonctionnement d'HOMER est analysé par des systèmes hybrides comportant :

- Une installation photovoltaïque (il n'est pas possible de gérer plusieurs champs ou installations, par exemple, une centrale avec deux couples orientation/inclinaison) ;
- Un ou deux groupes électrogènes ;
- Avec ou sans unité de stockage électrochimique.

Cette architecture correspond aux systèmes de type fuel saver ou de stockage. Le logiciel pour une bonne simulation nécessite des entrées pour pouvoir générer des sorties.

### IV.2.1. Les paramètres d'entrée

Pour commencer une simulation sur HOMER, il convient de fixer les valeurs d'un certain nombre de paramètres tels que le nombre d'appareils et les puissances. Il est possible de paramétrer plusieurs valeurs dont la valeur nulle (absence de l'appareil). Ceci s'applique entre autre pour le nombre d'accumulateurs la puissance des groupes électrogènes, la puissance du champ PV. HOMER simule le fonctionnement du système pour chacune des valeurs paramétrées. Différents types de paramétrage existent [8]:

- ✓ Paramétrage des sources
- ✓ Paramétrage de l'unité de stockage
- ✓ Paramétrage du gisement et des charges
- ✓ Autre paramétrage d'ordre financier

### IV.2.2. Les sorties

A partir de la simulation, HOMER permet de visualiser le comportement heure par heure de chaque équipement de l'installation pour toutes les configurations simulées. A partir de ces résultats HOMER présente une analyse financière sur la durée du projet. Ainsi pour chaque architecture et configuration il est possible d'observer les sorties suivantes [8]:

- ✓ Cout global du kWh actualisé (LCOE: Levelized Cost of Electricity);
- ✓ Répartition des postes de dépenses (investissement, entretien/maintenance, combustible)
- ✓ Le détail correspondant à chaque source : flux d'énergies, nombre de remplacements, cout fixe et cout marginal, proportion de la production électrique ;
- ✓ Des graphiques journaliers sur toute la durée de vie du système présentant heure par heure les consommations, les puissances délivrées par chaque source, la quantité d'énergie stockée.
- ✓ Des graphiques d'analyse de sensibilité. Ils permettent d'observer la variation de certaines sorties par rapport aux paramètres de sensibilité choisis ;
- ✓ Une analyse économique par rapport à une installation de référence ;
- ✓ Une analyse de sensibilité présentée sous forme graphique.

## V. DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME HYBRIDE PV/DIESEL

### V.1. PRESENTATION

Nous retiendrons après étude des différentes configurations hybrides, la configuration PV/DIESEL parallèle. En effet, nous avons pour objectif d'avoir deux sources d'énergie complémentaires. Soucieux du fait que le générateur PV puisse fonctionner pendant la journée et tout le temps que la tension des accumulateurs serait entre 49V et 53,5V. Cette configuration est sans doute la meilleure. Notons que les équipements en télécom sont tous des équipements en DC, ils fonctionnent tous sous une tension nominale de 48V.

En résumé nous aimerions respecter les conditions suivantes :

- Générateur PV et générateur diesel pouvant fonctionner en même temps
- Démarrage du groupe lorsque les batteries présentent une tension comprise entre [49V ; 53,5V]
- Alimentation des équipements par le générateur PV tout le temps que les batteries sont capable de donner du 48V
- Chargement des accumulateurs par le générateur PV et aussi par le générateur DIESEL en fonctionnement grâce à un onduleur/chargeur.

L'onduleur et le chargeur, le tout assemblé dans un même boîtier appelé onduleur/chargeur est un convertisseur bidirectionnel qui permet :

- De produire du courant alternatif pour les récepteurs à partir du courant continu des accumulateurs mode onduleur - décharge des accumulateurs
- De recharger les accumulateurs partir d'une source d'énergie alternative, comme le groupe électrogène (mode chargeur)

L'onduleur/chargeur assure la gestion du système : il contrôle la charge et la décharge des batteries et appel une source d'énergie conventionnelle (groupe électrogène) en appoint de puissance ou d'énergie.

## V.2. SCHEMA SYNOPTIQUE DU SYSTEME

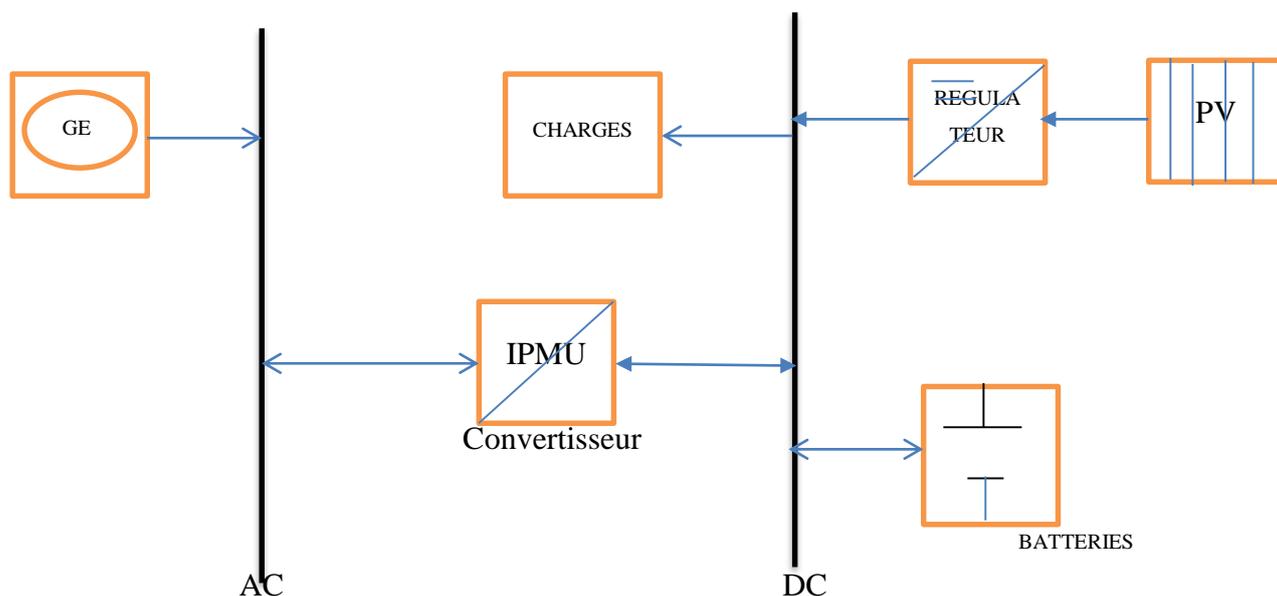


Figure 15 : Schéma synoptique système hybride

## V.3. DIMENSIONNEMENT DE LA PARTIE PHOTOVOLTAÏQUE

### V.3.1. Bilan de puissance et présentation des équipements

Dans le but de dimensionner notre système hybride nous allons faire un bilan de puissance général du site de Tang Poore. Notons que nous avons essentiellement deux grosses consommations énergétiques sur le site, provoquées par la transmission et par la RBS (Radio Base Station).

#### ➤ La RBS (Radio Base Station)

La station de base radio (RBS) est le nom commercial donné à la famille de stations de base développée par Ericsson, constituant généralement une partie importante du réseau d'accès radio (RAN). La station de base radio est également le nom générique pour être utilisé à la place de BTS (Base Transceiver Station). Pour les autres vendeurs, les noms d'équipements spécifiques sont utilisés, tels que Huawei DBS (Huawei DBS3900 par exemple).



Figure 16 : Photo d'une RBS

➤ La transmission

La transmission (abréviation : Tx) est le processus d'envoi et de propagation d'un signal analogique ou de l'information numérique sur un physique de point à point. Un exemple de transmission est l'envoi d'un signal d'une durée limitée, par exemple un bloc ou un paquet de données, un appel téléphonique ou un courriel.

La transmission d'un message numérique ou d'un signal analogique numérisé, est connue comme la communication numérique.

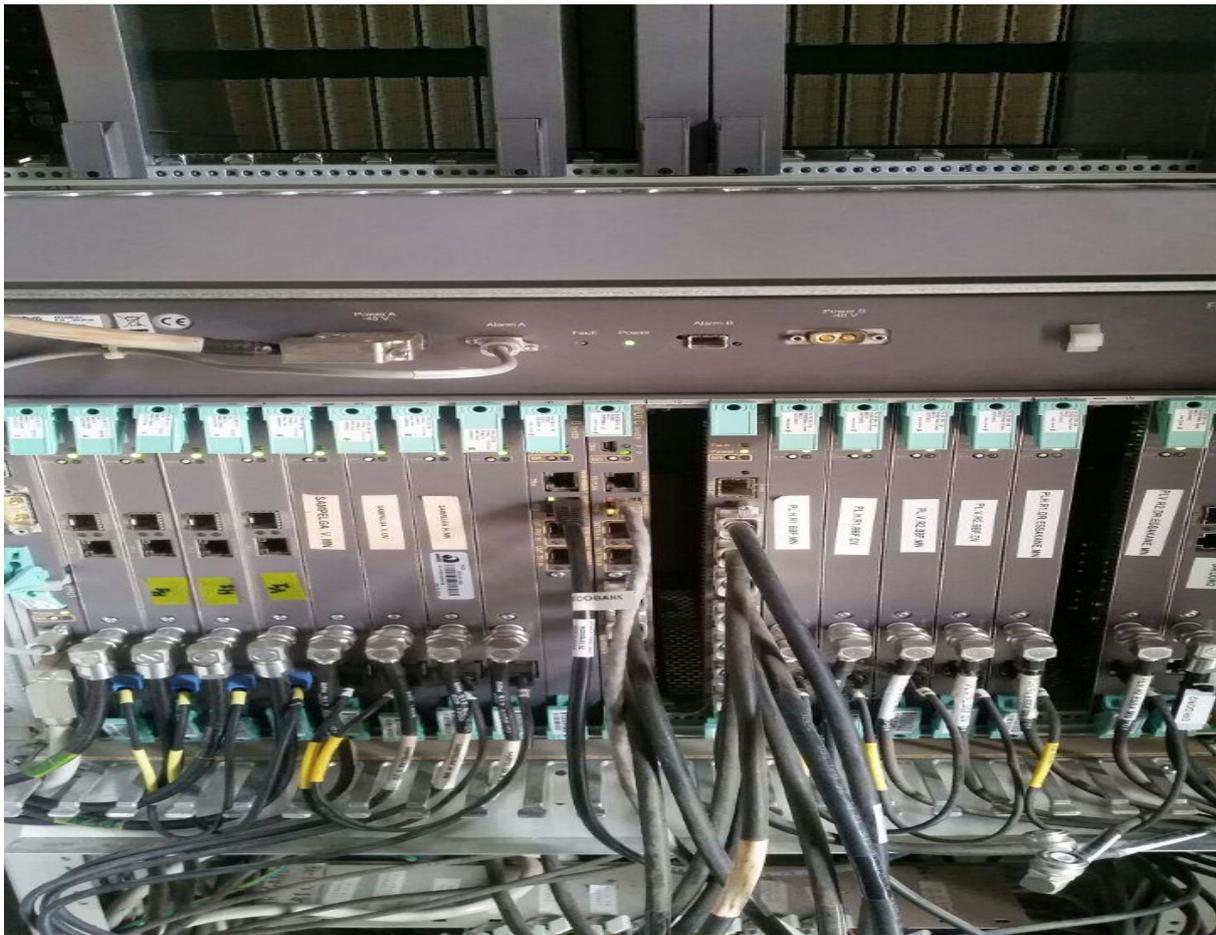


Figure 17 : Photo d'une transmission

**Tableau 1 : Bilan de puissance**

BILAN DE PUISSANCE								
DESIGNATIONS	NOMBRES	TENSION (V)	PUISSANCE UNITAIRE (W)	RENDEMENT	PUISSANCE TOTALE (W)	TEMPS (h/J)	ENERGIE CONSOMMEE (Wh/J)	INTENSITE (A)
Radio Base Station	1	48	2500	0,9	2250	24	54000	46,875
Transmission	1	48	250	0,9	250	24	6000	5,20833333
Lampes fluo compact	2	230	36	0,9	72	2	144	0,31304348
Luminaire	4	230	25	0,9	100	12	1200	0,43478261
<b>TOTAL</b>					<b>2672</b>		<b>61344</b>	<b>52,8311594</b>

### V.3.2. Estimation de la capacité de la batterie d'accumulateur

La capacité de la batterie d'accumulateur (Ah) est donnée par la formule suivante :

$$C_{batmin}(Ah) = \frac{\text{Charge journaliere } E_j \left( \frac{Wh}{J} \right)}{V_{bat}(V) * R_{bat} * DM} * J_{raut}$$

- $R_{bat}$ , rendement d'une batterie d'accumulateur 80 % dans notre cas
- $V_{bat}$ , tension nominale de la batterie d'accumulateurs égale à 48V
- Nous prévoyons une autonomie d'au moins 6 heures pour permettre à une équipe de technicien d'accéder au site et de le dépanner. La nuit les batteries alimentent la charge pendant 6h et le groupe prend le relais une fois celles-ci déchargées.
- DM étant la décharge profonde des accumulateurs, 75%.

$$C_{batmin} = \frac{61344}{48 * 0,8 * 0,75} * 0,25$$

Après calcul nous obtenons une valeur de  $C_{batmin} = 532,5 Ah$ , par conséquent nous prendrons une valeur de 600 Ah.

Les accumulateurs en acide/plomb ont une tension nominale sur le marché partant de 2 V.

$$\text{Nombre d'accumulateur série : } N_{as} = \frac{V_{bat}}{V_{acc}} = \frac{48}{2} = 24$$

$$\text{Nombre de branches en parallèle : } N_{bp} = \frac{C_{bat\ mini}}{C_{acc}} = \frac{532,5}{600} = 0,88 = \sim 1$$

### CONCLUSION

Nous retiendrons  $N_{bp} = 1$ , la capacité totale installée est de  $C_{bat} = 600Ah$ , le nombre total

d'accumulateur de 2V est de 24 .Notre choix se porte sur l'accumulateur TV265OE/A de  
 marque AMERSON VRLA

### V.3.3.Estimation du champ PV (Wc)

La puissance du champ PV est donnée par la formule suivante :

$$P_{Cmini}(Wc) = \frac{Charge\ journaliere(EJ)}{H_i \left(\frac{h}{j}\right) * R_{bat} * R_{gen}}$$

- $E_j$  (Wh/j) : Charge journalière dans notre cas égale à 61344 Wh/j
- $H_i$  ( $h_s/j$ ) : Rayonnement moyen journalier du mois sur le plan des panneaux solaires Notre site (Tang Poore) étant situé dans la zone de Kaya, une ville proche de Ouagadougou, nous prendrons comme référence les données d'ensoleillement de celle-ci.

Tableau 2 : Données sur l'ensoleillement et la température la ville de Ouagadougou

MOIS	TEMPERATURE MOYENNE MENSUELLE (°C)	MOYENNE DU RAYONNEMENT QUOTIDIEN SUR LE CHAMP PV (KWh/m2/J)
Janvier	25,1	6,18
Février	27,6	6,9
Mars	30	6,6
Avril	33	6,21
Mai	32,1	5,87
Juin	29,6	5,61
Juillet	28,1	5,31
<b>Août</b>	<b>27,1</b>	<b>5,15</b>
Septembre	27,9	5,79
Octobre	29,7	6,24
Novembre	28,9	6,36
Décembre	26,2	6,14

- $R_{gen}$  (%) : Rendement du générateur photovoltaïque (pertes dues à la poussière l'échauffement des modules, au câblage etc), nous prendrons une valeur égale à 80%
- $R_{bat}$  (%) : Rendement de la batterie d'accumulateur, 80%

$$P_{c_{min}}(Wc) = \frac{61344}{5,15 * 0,8 * 0,8}$$

Après calcul nous obtenons une puissance crête minimale de  $P_{c_{mini}} = 18\,611,65Wc$  ;

### Composition du champ photovoltaïque :

- Nombre de module en série  $N_{MS} = \left(\frac{V_{gen}}{V_m}\right) = \frac{48}{12} = 4$
- Nombre de branche parallèle  $N_{BPM} = \frac{18611,65}{250*4} = 18,61$  , nous retiendrons 19 branches
- Nombre total de modules de  $250Wc/12V = 4*19=76$

### CONCLUSION

Puissance installée du générateur  $P_c = 76*250 = 19000 Wc$

Nous retiendrons pour notre champ PV une puissance de  $20000Wc$

### V.3.4.Choix du régulateur de charge et de décharge

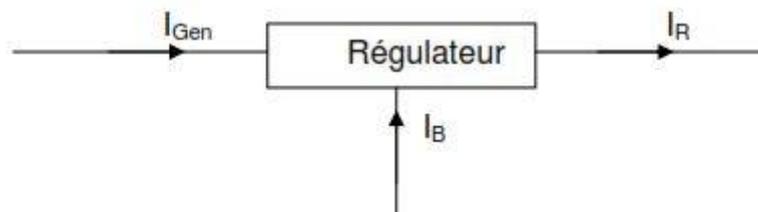


Figure 18 Répartition des courants au niveau d'un régulateur

Le régulateur doit supporter les intensités suivantes :

- Intensité maximale du courant de court-circuit généré par le générateur PV  $I_{Gen} = I_{sc} * N_{BP}$

- Intensité nominale de la totalité des récepteurs alimentés par le générateur  $I_{regulateur} = \Sigma I$

L'intensité nominale du régulateur sera le maximum entre l'intensité maximale de court-circuit  $I_{gen}$  et l'intensité nominale de la totalité des récepteurs  $\Sigma I$ .

$$I_{Gen} = 19 * 8,7 = 165,3 A$$

$$\Sigma I = 52,83 A$$

## CONCLUSION

Nous retiendrons un régulateur du type hybride de la marque STECA.

REGULATEUR STECA POWER TAROM 4140

## V.4. DIMENSIONNEMENT DU GENERATEUR DIESEL

Sur tous les sites de AIRTEL, sont installés des IPMU (Integreted Management Power Unit) comme son nom l'indique est un appareil qui joue le rôle de contrôleur. Ayant une puissance d'entrée de 30 kVA, l'IPMU est un appareil qui gère l'automatisme du système installé sur les sites. Il est aussi intégré d'onduleurs qui convertissent la tension alternative CA en tension continue CC et vice versa. En effet à partir de l'IPMU on a le contrôle de tout ce qui se passe à l'intérieur du SHELTER, elle contrôle le démarrage et l'arrêt du groupe, charge les batteries et régule la tension. Elle montre la présence du réseau téléphonique, le niveau de gasoil dans le groupe, etc. Elle a un courant de démarrage de 2 à 3 fois plus que son courant nominal.

Le groupe électrogène doit être capable de :

- Charger les batteries de stockages à travers l'onduleur chargeur intégré dans l'IPMU
- Supporter la charge et en même temps charger les batteries en cas de baisse de tension

Pour cela déterminons la puissance dont a besoins les batteries.

Considérant le faite que le groupe fonctionnera généralement la nuit, au moment où nous n'avons pas de soleil et au moment où les batteries seront déchargées ; C'est à dire entre 6h du soir et 6h du matin, un intervalle de 12h. Considerant aussi le faite que nous avons prévu une autonomie des batteries de 6heures, nous pouvons estimer le temps de fonctionnement du groupe à 8h. Cela afin d'éviter une décharge totale des batteries.

➤ **Puissance en régime établie**

$$P(kW) = \frac{C_{BAT}(Ah) * U(volt) * R_{BAT} * DM}{Heures}$$

$$P(kW) = \frac{600 * 48 * 0,8 * 0,75}{8} = 2,160 kW$$

Dans ce cas la puissance totale à satisfaire par le groupe électrogène est la somme de la puissance dont à besoins les batteries (2,160 kW) et de la puissance demandée par la charge (2,7 kW).

La puissance nominale doit être supérieure ou égale à 5 kW.

$$P_N \geq 5kW$$

### ➤ Puissance en régime transitoire

L'IPMU alimentant les charges à partir du groupe électrogène, demande au démarrage 2 à 3 fois le courant nominal des charges.

$$I_N = \frac{P_N}{U * \sqrt{3} * \cos\phi}$$

$$I_N = \frac{5}{0,22 * \sqrt{3} * 0,8} = 16,40A$$

Pour satisfaire cette contrainte nous avons besoins d'une puissance nominale du groupe  $P_{N2}$

$$P_{N2} = U * 2I_N * \sqrt{3} * \cos\phi$$

$$P_{N2} = 0,22 * 2 * 16,4 * 0,8 * \sqrt{3} = 9,99 = 10kW$$

Pour  $\cos\phi = 0,8$ , nous avons une puissance réactive égale à  $Q_{kvar} = 8 Kvar$ , ce qui nous donne une puissance apparente du groupe égale à  $S_{KVA} = 12,8 kVA$

. Néanmoins la puissance apparente du groupe doit respecter des contraintes qui sont :

- **Première contrainte : Respect d'un impact maximum de 2**

Les alternateurs admettent en général une surcharge transitoire due à l'impact jusqu'à deux fois leur puissance nominale. Ce qui veut dire que  $S_{1KVA} \geq \frac{12,8}{2} = 6,4kVA$

- **Deuxième contrainte : Respect du facteur de puissance 0,8**

Pour une puissance active donnée de la charge, égale dans notre cas à 10 kW, la puissance  $S_2$

(KVA) du groupe électrogène est calculée avec un facteur de puissance global de la charge de

$$0,8: S_{KVA} \geq \frac{10}{0,8} \geq 12,5kVA$$

Nous retiendrons finalement pour notre système hybride un groupe électrogène SDMO de puissance apparente  $S_{KVA} = 13 kVA$

## VI. ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE

Dans cette partie de notre étude nous ferons une comparaison entre le système diesel simple utilisé pour alimenter les sites et le système hybride PV/DIESEL parallèle que nous avons dimensionné. Comme annoncé plus haut nous prendrons le cas du site Tang Poore.

Du point de vue technico économique nous ferons une étude afin de savoir, grâce à une simulation à l'aide du logiciel HOMER, si nous gagnons en installant sur les sites des systèmes hybrides PV/Diesel.

Comme vue plus haut sur le site de Tang Poore est installé un champ PV qui alimente la transmission ; le reste des équipements est alimenté par un groupe électrogène de 20 kVA. La puissance de la transmission étant négligeable (250W) nous avons considéré le site totalement alimenté par du diesel.

Pour mener notre simulation sur HOMER et afin de définir le prix approximatif actuel du kWh, nous avons défini plusieurs valeurs d'entrées qui sont récapitulées dans le tableau suivant :

**Tableau 3 : valeurs d'entrées Homer : simulation du système diesel simple**

Prix achat groupe (20kVA)	~ 8 600 000 FCFA	~ 17 200 \$
Prix du diesel/litre	~ 576 FCFA	~ 1,15 \$
Consommation (l/h)	~ 3l/h	
Puissance de la charge en kW	3 kW	
Frai total du ravitaillement sur site/mois	~ 719 100 FCFA	~ 1 438 \$
Prix maintenance GE estimé en heure	~ 172 FCFA	~ 0,34 \$
Prix IPMU (convertisseur)	~ 2 500 000 FCFA	~ 5 000 \$
Prix batteries	~ 9 600 000 FCFA	~ 19 200 \$
Capacité des batteries	600AH, 48V	
Puissance convertisseurs	6kW	

### VI.1.1. Schéma synoptique système diesel simple (Homer)

Le groupe électrogène alimente les charges en courant continu via le convertisseur (IPMU). Il charge en même temps les batteries qui prennent le relais en cas de panne sur le groupe.

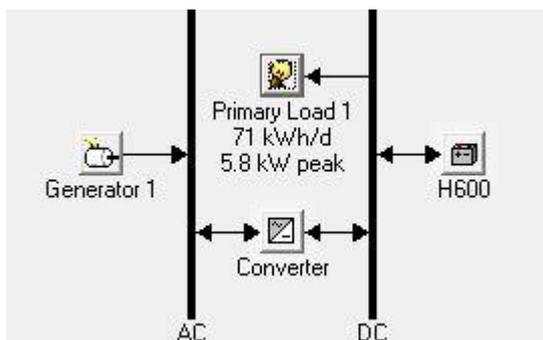


Figure 19 : Schéma synoptique système diesel simple

## VI.1.2. Résultat de la simulation avec Homer

Après simulation nous obtenons les résultats résumés dans l'image ci-dessous. Sur le site de Tang Poore le LCOE (levelized cost of electricity), c'est-à-dire le prix du kWh est d'environ de 3,407 \$ /kWh, soit environ 1704 FCFA /kWh. Le prix du kWh serait faible si dans le système nous éliminons les batteries, ce qui n'est pas pourtant raisonnable en télécommunication. Nous devons nous assurer d'avoir de l'électricité en n'importe quel moment afin de satisfaire la clientèle. Sans un système de backup (batteries), nous risquons de perdre le signal du réseau lorsqu'il y'aura une moindre défaillance électrique.

	Label (kW)	H600	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Label (hrs)
	16		6	\$ 22,200	53,241	\$ 745,764	2.106	0.00	21,785	8,760
	16	576	6	\$ 483,000	53,241	\$ 1,206,564	3.407	0.00	21,785	8,760

Figure 20 : Résultat simulation, prix du kWh site de Tang Poore

## VI.2. SYSTEME HYBRIDE PV/DIESEL PARALLELE

Après dimensionnement de notre système hybride PV/Diesel parallèle, nous avons retenu un groupe électrogène de 13 kVA et un champ PV de 20 kWc, résultats détaillés précédemment. Grâce au logiciel Homer nous avons mené notre simulation afin de savoir si le système est rentable ou pas par rapport au système diesel simple. Tout d'abord il a fallu insérer des données d'entrées résumées dans les tableaux ci-dessous.

**Tableau 4 : valeurs d'entrées Homer, simulation du système PV/DIESEL parallèle**

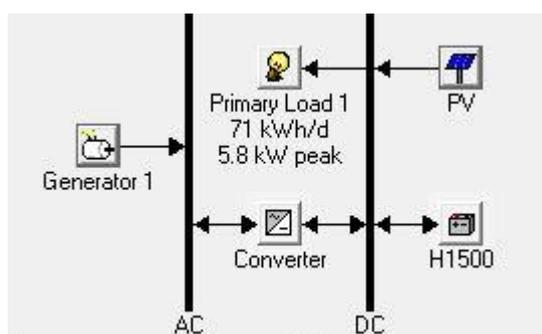
Prix achat groupe (13 kVA)	~ 5 450 000 FCFA	~ 10 900 \$
Prix du diesel/litre	~ 576 FCFA	~ 1,15 \$
Consommation (l/h)	~ 2,4l/h	
Puissance de la charge en kW	3 kW	
Frai total du ravitaillement sur site/mois	~ 719 100 FCFA	~ 1 438 \$
Prix maintenance GE estimé en heure	~ 110 FCFA	~ 0,22 \$
Prix IPMU (convertisseur)	~ 2 500 000 FCFA	~ 5 000 \$
Investissement champ PV	~13 000 000 FCFA	~ 25 000 \$
Prix batteries	~ 9 600 000 FCFA	~ 19 200 \$
Capacité des batteries	600 AH, 48V	
Puissance convertisseurs	6kW	

Dans ce système la puissance du groupe, ainsi que son prix d'achat changent. Nous avons en plus une nouvelle valeur d'entrée qui est l'investissement du au champ PV

### VI.2.1. Schéma synoptique système PV/DIESEL parallèle

#### (Homer)

Comme nous l'avons détaillé plus haut, dans ce système le groupe électrogène et le champ PV fonctionnent en parallèle pour alimenter les charges et charger les batteries. Dans notre cas le but est de réduire la consommation en carburant. Le champ PV est dimensionné de telle sorte à satisfaire la demande tout au long de la journée. Les batteries ayant une autonomie prévue de 6h prennent la relève des lors qu'il y'a pas suffisamment de soleil. Dans le cas où les batteries sont déchargées c'est le groupe électrogène qui démarre.



**Figure 21 : Schéma synoptique système PV/DIESEL parallèle**

## VI.2.2. Résultat de la simulation avec Homer

Après simulation avec le logiciel Homer nous remarquons que malgré le cout d'investissement élevé, le LCOE, c'est-à-dire le cout du kWh diminue par rapport au système diesel simple. Nous obtenons un cout du kWh égale à environ 1,796 \$/kWh, soit environ 900 FCFA/kWh contre 1704 FCFA pour le système diesel simple. Nous constatons selon les résultats de la simulation que la meilleure configuration pour avoir un prix du kWh bas est celle utilisant seulement la source solaire et la batterie d'accumulateur pour alimenter les charges (ce qui n'est pas recommander par EATON). Nous avons dans ce cas un prix du kWh environ égal à 1,372\$/kWh, soit environ 686 FCFA/kWh. Les détails de la simulation sont récapitulés sur l'image ci-dessous.

	PV (kW)	Label (kW)	H1500	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Label (hrs)	Batt. Lf. (yr)
	20		576		\$ 485,800	0	\$ 485,800	1.372	1.00			20.0
	3	10		6	\$ 19,584	38,105	\$ 537,439	1.517	0.15	14,487	8,760	
		10		6	\$ 15,834	38,732	\$ 542,213	1.531	0.00	15,010	8,760	
	15	10	576	3	\$ 492,885	10,544	\$ 636,176	1.796	0.76	4,036	2,555	20.0
		10	576	9	\$ 479,133	20,964	\$ 764,042	2.157	0.00	10,968	3,328	20.0

Figure 22 : Résultat simulation, prix du kWh du système hybride PV/DIESEL

## VI.3. RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Pour déterminer le retour sur investissement de notre système PV nous allons considérer plusieurs paramètres. En effet après simulation avec le logiciel Homer nous avons pu montrer que le site consomme environ 1704 FCFA pour 1 kWh produit tandis qu'avec le système hybride il ne consommera que 900 FCFA pour 1 kWh d'énergie produit.

$$\bullet \quad CMP_{\text{Systeme simple}} = LCOE_{\text{Systeme simple}} * E_{\text{consommée}} \left( \frac{kWh}{j} \right) * 30$$

$$CMP_{\text{Systeme simple}} = 1704 * 61,344 * 30 = 3\,135\,906 \text{ FCFA}$$

$$\bullet \quad CMP_{\text{Systeme hybride}} = LCOE_{\text{systeme hybride}} * E_{\text{consommée}} \left( \frac{kwh}{j} \right) * 30$$

$$CMP_{Systeme\ hybride} = 900 * 61,344 * 30 = 1\ 656\ 288\ FCFA$$

En calculant le cout mensuel de la production d'énergie sur le site nous obtenons 3 135 906 FCFA pour le système GE simple contre 1 656 288FCFA pour le système hybride. Cela est dû au fait qu'il n'y a pas de couts d'entretien sur le PV et que le groupe ne fonctionne plus à temps plein.

- $Benefice = CMP_{systeme\ hybride} - CMP_{Systeme\ simple}$

$$Benefice = 3135906 - 1656288 = 1479\ 618\ FCFA /Mois$$

Selon notre simulation HOMER, nous économiserons, si nous installons un système hybride environ 1 479 618 FCFA par mois (soit 47,18% du cout du systèmes GE) sur le site, soit 17755416 par an sur le site.

**DEFINITION :** Le Retour Sur Investissement (RSI), parfois appelé rendement, taux de rendement, taux de profit ou en encore ROI (Return On Investment), désigne un ratio financier qui mesure le montant gagné ou perdu par rapport à la somme initialement investie dans un investissement. Le RSI attendu par les actionnaires majoritaires dans les entreprises cotées s'élève en moyenne à 8%.

#### Retour sur investissement

$$= \frac{\text{Gain ou perte de l'investissement} - \text{Cout de l'investissement}}{\text{cout de l'investissement}}$$

#### **HYPOTHESES :**

- Remplacement du GE après 15000 heures de fonctionnement. Notre GE fonctionnant environ 8heures/jour, remplacement après 2ans
- Remplacement des batteries après 5ans
- Remplacement de l'IPMU (convertisseurs) après 10 ans
- Remplacement des modules après 20 ans

Tableau 5 : Retour sur investissement

ANNEE	INVESTISSEMENTS	GAIN	REPLACEMENT GE	REPLACEMENT BATTERIES	REPLACEMENT IPMU
1	30500000	17755416			
2		17755416			
3		17755416			
4		17755416			
5		17755416	5450000	9600000	
6		17755416			
7		17755416			
8		17755416			
9		17755416			
10		17755416	5450000	96000000	2500000
11		17755416			
12		17755416			
13		17755416			
14		17755416			
15		17755416	5450000	9600000	
16		17755416			
17		17755416			
18		17755416			
19		17755416			
20		17755416	5450000	9600000	2500000
<b>TOTAL</b>	30500000	355108320	21800000	124800000	5000000
<b>RSI (%)</b>	5,672403934				

La RSI sur la durée du projet (20 ans est de 5,67%). Ce qui est raisonnable. Ayant un gain par année d'environ 17 755 416 FCFA, nous faisons, malgré les couts élevés de l'investissement (environ 30 500 000 FCFA), un retour sur investissement en seulement 2 années environ.

Plus haut dans notre document nous avons dit que plus de 50% (321 sites sur 641) des sites de AIRTEL sont alimentés par des groupes électrogènes 24H/24H. En faisant une comparaison au site de Tang Pooré et en installant sur ces sites un système hybride PV/DIESEL nous pourrons économiser jusqu'à environ 474 957 378 FCFA/mois.

## VII. IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Il existe plusieurs gaz à effet de serre (GES) dont le pouvoir de réchauffement global (PRG) est différent. Pour permettre la comptabilisation de toutes les émissions de gaz à effet de serre, on utilise le carbone (C) ou le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) comme format pivot. On parle alors d'équivalent CO<sub>2</sub> ou d'équivalent carbone.

### VII.1.1. Le potentiel de réchauffement global (PRG)

Le Potentiel de réchauffement global (PRG) est l'unité de mesure de l'effet d'un gaz à effet de serre sur le réchauffement climatique par rapport à celui du CO<sub>2</sub> (PRG du CO<sub>2</sub> = 1) sur une période de 100 ans

### VII.1.2. L'équivalent carbone

Grâce au PRG on peut exprimer l'impact de chaque gaz à l'aide une unité commune : le kilo ou la tonne équivalent CO<sub>2</sub>. Il suffit de multiplier le PRG d'un GES par la quantité émise de ce GES pour connaître son émission en tonne d'équivalent CO<sub>2</sub> :

Tonne d'équivalent CO<sub>2</sub> d'un gaz = tonne du gaz x PRG du gaz.

Par exemple, le méthane a un PRG de 23, ce qui signifie qu'il a un pouvoir de réchauffement 23 fois supérieur au CO<sub>2</sub>. Aussi, si une entreprise émet 1 tonne de méthane on comptabilisera une émission de 23 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>.

### VII.1.3. L'impact de notre système hybride PV/Diesel sur l'environnement

La figure ci-dessous relate l'émission en CO<sub>2</sub> de différentes filières de production d'électricité. Notre projet système hybride PV/Diesel réduit la consommation du carburant donc l'émission en dioxyde de carbone. En effet notre système fonctionne comme suit :

- Le groupe électrogène fonctionne normalement pendant 8h de 18h à 1h
- Le champ PV de 6h à 18h
- Les batteries de 1h à 6h

Emissions en CO <sub>2</sub> des différentes filières de production d'électricité								
Modes de production	1 kWh Hydraulique	1 kWh Nucléaire	1 kWh Eolien	1 kWh Photovoltaïque	1 kWh Cycle combiné	1 kWh Gaz naturel (TAC pointe)	1 kWh Fuel	1 kWh Charbon
Emissions de CO <sub>2</sub> par kWh (en grammes)	4	6	3 à 22	60 à 150	427	883	891	978

Figure 23 Emissions en CO<sub>2</sub> des différentes filières de production d'électricité, source greenit.fr

Plus haut nous avons trouvé 61344 Wh/jr comme énergie consommée sur le site de Tang poore. Cette production énergétique est répartie par le champ PV, le groupe électrogène et les accumulateurs. Nous avons donc un cycle combiné. 1 kWh du cycle combiné dégage 427 grammes de CO<sub>2</sub> contre 978 grammes dégagés par le charbon. Cela nous permet donc de déterminer la quantité de CO<sub>2</sub> dégagée par notre système GE simple et aussi par notre système hybride PV/Diesel.

- CO<sub>2</sub> émis par le système GE simple

$$Q_{CO_2} = 978 * 61,3 = 59,9 \text{ kg}$$

- CO<sub>2</sub> émis par le système hybride PV/Diesel

$$Q_{CO_2} = 427 * 61,3 = 26,1 \text{ kg}$$

- Gain en CO<sub>2</sub>

$$G_{CO_2} = 59,9 - 26,1 = 33,8 \text{ kg}$$

Nous éviterons d'émettre environ 33,8 kg/jr de CO<sub>2</sub> si nous installons notre système PV/Diesel sur le site.

## CONCLUSION

Notre étude s'est déroulée en plusieurs grands points qui sont le contexte et la problématique du stage, la présentation de l'entreprise Innovation Engineering, l'étude bibliographique des systèmes hybrides PV/DIESEL, la présentation de l'étude bibliographique du logiciel HOMER, le dimensionnement de notre système hybride et enfin l'étude technico économique.

Dans la première partie traitant le contexte, la problématique et l'objectif du stage, nous avons défini ce problème qu'a les entreprises de télécommunication dans notre pays. En effet les sites de télécommunication doivent fonctionner 24H/24h afin de donner satisfaction à la clientèle. Ceci entraîne donc des coûts énormes en carburants et en maintenance du fait que plus de 50% des sites sont alimentés par des groupes électrogènes. La solution serait d'installer sur ces sites des systèmes hybrides PV/DIESEL.

Les travaux ont été menés au sein de la société Innovation Engineering noté IENG. Une société libanaise opérant dans le domaine de la télécommunication sous-traitante de EATON TOWERS.

Dans nos travaux nous avons opté pour un système hybride PV/DIESEL parallèle. Le but étant de réduire le coût du kWh sur les sites, les coûts des maintenances et la consommation de carburant. Pour ce faire nous avons fait nos simulations grâce au logiciel HOMER.

Dans le dimensionnement de notre système hybride, nous avons retenu un groupe électrogène SDMO de 13 kVA, une centrale PV de 20 kWc, et un système de stockage de 600Ah.

L'étude technico économique a révélé que si nous installons notre système hybride sur le site de Tang Pooré, nous réduisons le coût du kWh de 1704 FCFA à 900 FCFA. Nous économisons sur le site environ 1 479 618 FCFA, avec un retour sur investissement d'environ 2 ans.

Pouvons-nous réduire encore ces chiffres à l'avantage de AIRTEL? Une mini centrale solaire avec stockage d'énergie ne serait pas la meilleure alternative ? Voici des questions qui peuvent faire sujets d'autres études.

## BIBLIOGRAPHY

- [1] A. d. r. d. s. s. déélectricité, «[www.arse.bf](http://www.arse.bf),» 13 07 2016. [En ligne].
- [2] D. Y. NGUEWO, Expérimentation et optimisation d'un prototype de centrale hybride solaire PV/DIESEL sans batteries de stockage:Validation du concept "FLEXY ENERGY", Ouagadougou, 2012.
- [3] «<http://www.ecologie-shop.com>,» [En ligne]. [Accès le 21 01 2016].
- [4] «<http://sites-test.uclouvain.be/lee/FR/realisations/EnergiesRenouvelables/FiliereSolaire/PanneauxPhotovoltaiques/Cellule/Temperature.htm>,» [En ligne]. [Accès le 02 05 2016].
- [5] A. PERTHUE, «VERS UNE AMELIORATION DES PERFORMANCES ET DE LA DURABILITE DE CELLULES PHOTOVOLTAIQUES ORGANIQUES PAR L'APPLICATION D'UN FILM COMPOSITE MULTIFUNCTIONNEL,» 2014.
- [6] A. BAGRE, Energie photovoltaïque,EIER-ETSHER, Ouagadougou, 2003.
- [7] A. BAGRE, Systèmes photovoltaïque, Ouagadougou, 2013.
- [8] «avem,» [En ligne]. [Accès le 05 05 2016].
- [9] C.-T. SIMON, Guide à l'utilisation de HOMER, 2014.
- [10] V. Didier, Les onduleurs pour les systèmes photovoltaïques,fonctionnement,etat de l'art et étude des performances, Villeurbanne, 2010.
- [11] «[lefaso.net](http://lefaso.net),» [En ligne]. Available: [lefaso.net/spip.php?article5918](http://lefaso.net/spip.php?article5918). [Accès le 02 05 2016].
- [12] D. A. Sadio, «ETUDE DE L'INFLUENCE DE L'INCLINAISON ET DES DEPOTS DE POUSSIERE SUR LES PERFORMANCES DES MODULES PV A KAMBOINSIN (SITE DE 2IE),» OUAGADOUGOU, 2010.

---

## ANNEXES

---

**ANNEXE A1: COUTS DU RAVITAILLEMENT EN CARBURANT SUR LES SITES GERES PAR IENG.**

**Campagne de fevrier 2016 du 1er au 28 fevier\_16**

SITE DATAS							UANTITY APPROVED	COUTTOTAL POUR LE RAVITAILLEMENT SITES				
Sr. No.	Site ID	SITE Name	Site ID	REGUION	ZONE/ROUTE REFUELING	ASP (IENG or NETIS)	SITE POWER TYPE	consommation mensuelle gasoil	prix unitaire SONABHY	COUT DU CARBURANT UTILISE SUR SITE	COUT DE TRANSPORT DU CARBURANT	COUT TOTAL
1	BF0488	ABSOUYA	BF0488	NORTH AREA	KAYA-1	I-Eng	24/7 DG	1350	576	777600	85500	863100
5	BF0489	AMPELLA	BF0489	WEST REGION	GAOUA	I-Eng	24/7 DG	1300	576	748800	85500	834300
7	BF0382	ANKOUNA	BF0382	NORTH AREA	KAYA-2	I-Eng	24/7 DG	1100	576	633600	85500	719100
8	BF0490	AOUREMA	BF0490	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-1	I-Eng	24/7 DG	1350	576	777600	85500	863100
9	BF0172	ARBINDA	BF0172	NORTH AREA	DORI-2	I-Eng	24/7 DG	880	576	506880	85500	592380
44	BF0113	BATIE	BF0113	WEST REGION	GAOUA	I-Eng	24/7 DG	1800	576	1036800	85500	1122300
14	BF0492	BAGUEOU	BF0492	NORTH AREA	DEDOUGOU1	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
72	BF0506	BONABA	BF0506	WEST REGION	GAOUA	I-Eng	24/7 DG	1400	576	806400	85500	891900
103	BF0513	BOUSSERA	BF0513	WEST REGION	GAOUA	I-Eng	24/7 DG	1590	576	915840	85500	1001340
154	BF0526	DOBENA	BF0526	WEST REGION	DIEBOUGOU2	I-Eng	24/7 DG	1500	576	864000	85500	949500
18	BF0199	BALAVE	BF0199	NORTH AREA	SOLENZO1	I-Eng	Solar + Genset	1400	576	806400	85500	891900
156	BF0298	DOLO	BF0298	WEST REGION	DIEBOUGOU3	I-Eng	Solar + Genset	700	576	403200	85500	488700
22	BF0386	BAMBOFORA	BF0386	NORTH AREA	DORI-1	I-Eng	24/7 DG	1350	576	777600	85500	863100
178	BF0247	GALGOULI	BF0247	WEST REGION	DIEBOUGOU1	I-Eng	24/7 DG	1800	576	1036800	85500	1122300
24	BF0495	BANA	BF0495	NORTH AREA	BOROMO1	I-Eng	24/7 DG	1650	576	950400	85500	1035900
30	BF0498	BANGASSOGO	BF0498	NORTH AREA	YAKO-3	I-Eng	24/7 DG	1100	576	633600	85500	719100
31	BF0293	BANH	BF0293	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-1	I-Eng	24/7 DG	1250	576	720000	85500	805500
32	BF0150	BANI	BF0150	NORTH AREA	DORI-1	I-Eng	24/7 DG	1750	576	1008000	85500	1093500

SYSTEME HYBRIDE PV/DIESEL POUR L'ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS DE AIRTEL SUR LES SITES-STRATEGIE DE REDUCTION DU COUT DU KWH DE AIRTEL : CAS DU SITE DE TANG

POORE

199	BF0536	GUEGUERE	BF0536	WEST REGION	BOROMO2	I-Eng	24/7 DG	1700	576	979200	85500	1064700
209	BF0541	IOLONIORO	BF0541	WEST REGION	DIEBOUGOU3	I-Eng	24/7 DG	1400	576	806400	85500	891900
36	BF0324	BARABOULE	BF0324	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-1	I-Eng	Solar + Genset	1150	576	662400	85500	747900
37	BF0286	BARANI	BF0286	NORTH AREA	DEDOUGOU3	I-Eng	24/7 DG	1600	576	921600	85500	1007100
38	BF0500	BARGA	BF0500	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-2	I-Eng	24/7 DG	900	576	518400	85500	603900
39	BF0216	BARSALOGO	BF0216	NORTH AREA	KAYA-1	I-Eng	Bad Grid + Genset	850	576	489600	85500	575100
42	BF0670	BASNEREVILLAGE	BF0670	NORTH AREA	KAYA-3	I-Eng	24/7 DG	2240	576	1290240	85500	1375740
43	BF0294	BASSI	BF0294	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-1	I-Eng	24/7 DG	1250	576	720000	85500	805500
214	BF0109	KAMPTI	BF0109	WEST REGION	DIEBOUGOU1	I-Eng	24/7 DG	1800	576	1036800	85500	1122300
261	BF0246	KOPER	BF0246	WEST REGION	BOROMO2	I-Eng	Solar + Genset	1200	576	691200	85500	776700
51	BF0630	BELEHEDEVILLAGE	BF0630	NORTH AREA	DORI-3	I-Eng	Solar + Genset	1620	576	933120	85500	1018620
52	BF0417	BELHOURO	BF0417	NORTH AREA	DORI-3	I-Eng	24/7 DG	850	576	489600	85500	575100
289	BF0559	KPERE	BF0559	WEST REGION	GAOUA	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
301	BF0110	LEGMOIN	BF0110	WEST REGION	GAOUA	I-Eng	24/7 DG	1550	576	892800	85500	978300
310	BF0111	LOREPENI	BF0111	WEST REGION	DIEBOUGOU1	I-Eng	24/7 DG	1100	576	633600	85500	719100
60	BF0327	BERENGA	BF0327	NORTH AREA	YAKO-2	I-Eng	Solar + Genset	1150	576	662400	85500	747900
336	BF0112	MIDEBDO	BF0112	WEST REGION	GAOUA	I-Eng	24/7 DG	1700	576	979200	85500	1064700
71	BF0197	BOMBOROKUI	BF0197	NORTH AREA	DEDOUGOU2	I-Eng	Solar + Genset	1400	576	806400	85500	891900
409	BF0432	PASSENA	BF0432	WEST REGION	DIEBOUGOU2	I-Eng	24/7 DG	1750	576	1008000	85500	1093500
417	BF0482	PERIGBAN	BF0482	WEST REGION	DIEBOUGOU2	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
490	BF0604	SILLY	BF0604	WEST REGION	KOUDOUYOU-2	I-Eng	24/7 DG	1650	576	950400	85500	1035900
88	BF0731	BOUGUE	BF0731	NORTH AREA	FADA	I-Eng	24/7 DG	950	576	547200	85500	632700
540	BF0618	TIOYO	BF0618	WEST REGION	DIEBOUGOU1	I-Eng	24/7 DG	1800	576	1036800	85500	1122300
93	BF0509	BOULOUGA	BF0509	NORTH AREA	KAYA-2	I-Eng	24/7 DG	1250	576	720000	85500	805500
94	BF0510	BOUNOU	BF0510	NORTH AREA	YAKO-3	I-Eng	24/7 DG	1150	576	662400	85500	747900
579	BF0434	YEREFILA	BF0434	WEST REGION	DIEBOUGOU1	I-Eng	24/7 DG	2000	576	1152000	85500	1237500
99	BF0331	BOUROUM	BF0331	NORTH AREA	KAYA-1	I-Eng	24/7 DG	1000	576	576000	85500	661500
101	BF0217	BOURZANGA	BF0217	NORTH AREA	KAYA-2	I-Eng	24/7 DG	1450	576	835200	85500	920700

SYSTEME HYBRIDE PV/DIESEL POUR L'ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS DE AIRTEL SUR LES SITES-STRATEGIE DE REDUCTION DU COUT DU KWH DE AIRTEL : CAS DU SITE DE TANG

POORE

11	BF0285	BADEMA	BF0285	WEST REGION	FARAMANA1	I-Eng	24/7 DG	1600	576	921600	85500	1007100
104	BF0514	BOUSSOU	BF0514	NORTH AREA	YAKO-2	I-Eng	24/7 DG	800	576	460800	85500	546300
15	BF0493	BAGUERA	BF0493	WEST REGION	BANFORA1	I-Eng	24/7 DG	1100	576	633600	85500	719100
117	BF0520	COALLA	BF0520	NORTH AREA	KAYA-3	I-Eng	24/7 DG	1000	576	576000	85500	661500
119	BF0296	DABLO	BF0296	NORTH AREA	KAYA-2	I-Eng	24/7 DG	760	576	437760	85500	523260
16	BF0494	BAKARIBOUGOU	BF0494	WEST REGION	ORODARA1	I-Eng	24/7 DG	1650	576	950400	85500	1035900
17	BF0426	BALA	BF0426	WEST REGION	BOBO2	I-Eng	24/7 DG	1500	576	864000	85500	949500
21	BF0725	BAMAKO	BF0725	WEST REGION		I-ENG	24/7 DG	1500	576	864000	85500	949500
23	BF0137	BAN	BF0137	WEST REGION	SOLENZO1	I-Eng	24/7 DG	1900	576	1094400	85500	1179900
34	BF0430	BANWALE	BF0430	WEST REGION	FARAMANA1	I-Eng	24/7 DG	1700	576	979200	85500	1064700
133	BF0523	DEBE	BF0523	NORTH AREA	DEDOUGOU2	I-Eng	24/7 DG	1370	576	789120	85500	874620
135	BF0413	DEOU	BF0413	NORTH AREA	DORI-2	I-Eng	24/7 DG	1620	576	933120	85500	1018620
35	BF0499	BANZON	BF0499	WEST REGION	NIAMBERLA	I-Eng	24/7 DG	1750	576	1008000	85500	1093500
49	BF0148	BEKUY	BF0148	WEST REGION	BOBO2	I-Eng	24/7 DG	1000	576	576000	85500	661500
143	BF0219	DIDYRGODYR	BF0219	NORTH AREA	KOUDOUYOU-2	I-Eng	24/7 DG	1400	576	806400	85500	891900
54	BF0462	BELLE_VILLE2BOBO	BF0462	WEST REGION	BOBO1	I-Eng	24/7 DG	700	576	403200	85500	488700
56	BF0502	BENA	BF0502	WEST REGION	FARAMANA1	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
149	BF0198	DJIBASSO	BF0198	NORTH AREA	DEDOUGOU3	I-Eng	Solar + Genset	1400	576	806400	85500	891900
58	BF0147	BEREBA	BF0147	WEST REGION	DEDOUGOU1	I-Eng	24/7 DG	1000	576	576000	85500	661500
69	BF0068	BODIA	BF0068	WEST REGION	BOBO1	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
73	BF0240	BONDIGUI	BF0240	WEST REGION	DIEBOUGOU3	I-Eng	24/7 DG	1600	576	921600	85500	1007100
74	BF0238	BONDOKUI	BF0238	WEST REGION	DEDOUGOU1	I-Eng	Solar + Genset	1800	576	1036800	85500	1122300
155	BF0527	DOKUY	BF0527	NORTH AREA	DEDOUGOU2	I-Eng	24/7 DG	800	576	460800	85500	546300
90	BF0723	BOUINLE	BF0723	WEST REGION		I-ENG	24/7 DG	1450	576	835200	85500	920700
95	BF0086	BOURA	BF0086	WEST REGION	DIEBOUGOU2	I-Eng	24/7 DG	2000	576	1152000	85500	1237500
162	BF0530	DOURE	BF0530	NORTH AREA	YAKO-1	I-Eng	24/7 DG	1150	576	662400	85500	747900
165	BF0174	ESSAKANE	BF0174	NORTH AREA	DORI-2	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
169	BF0175	FALANGOUTOU	BF0175	NORTH AREA	DORI-2	I-Eng	24/7 DG	1350	576	777600	85500	863100

SYSTEME HYBRIDE PV/DIESEL POUR L'ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS DE AIRTEL SUR LES SITES-STRATEGIE DE REDUCTION DU COUT DU KWH DE AIRTEL : CAS DU SITE DE TANG

POORE

115	BF0461	CITE_DJIGUIYA	BF0461	WEST REGION	BOBO2	I-Eng	24/7 DG	900	576	518400	85500	603900
121	BF0131	DAKORO	BF0131	WEST REGION	BANFORA1	I-Eng	24/7 DG	1400	576	806400	85500	891900
122	BF0632	DAN	BF0632	WEST REGION	DIEBOUGOU3	I-Eng	Solar + Genset	900	576	518400	85500	603900
123	BF0015	DANDE	BF0015	WEST REGION	FARAMANA2	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
124	BF0016	DANKARI	BF0016	WEST REGION	BOBO1	I-Eng	24/7 DG	1100	576	633600	85500	719100
180	BF0336	GANGAOL	BF0336	NORTH AREA	DORI-1	I-Eng	24/7 DG	1500	576	864000	85500	949500
183	BF0232	GASSAN	BF0232	NORTH AREA	DEDOUGOU3	I-Eng	24/7 DG	1550	576	892800	85500	978300
129	BF0521	DARSALAMI	BF0521	WEST REGION	BANFORA2	I-Eng	24/7 DG	1600	576	921600	85500	1007100
189	BF0251	GOMBORO	BF0251	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-3	I-Eng	24/7 DG	1700	576	979200	85500	1064700
192	BF0176	GORGADJI	BF0176	NORTH AREA	DORI-1	I-Eng	24/7 DG	1350	576	777600	85500	863100
136	BF0503	DEREGOUÉ	BF0503	WEST REGION	DIEBOUGOU3	I-Eng	24/7 DG	1250	576	720000	85500	805500
142	BF0334	DIASSARA	BF0334	WEST REGION	DIEBOUGOU3	I-Eng	Solar + Genset	1400	576	806400	85500	891900
203	BF0539	GUIBARE	BF0539	NORTH AREA	OUAGA-3	I-Eng	24/7 DG	1000	576	576000	85500	661500
204	BF0540	GUIE	BF0540	NORTH AREA	OUAGA-3	I-Eng	24/7 DG	1300	576	748800	85500	834300
145	BF0525	DIERI	BF0525	WEST REGION	ORODARA1	I-Eng	24/7 DG	1450	576	835200	85500	920700
146	BF0497	DIONTALA	BF0497	WEST REGION	FARAMANA2	I-Eng	24/7 DG	1500	576	864000	85500	949500
151	BF0297	DJIGOUÉ	BF0297	WEST REGION	DIEBOUGOU1	I-Eng	24/7 DG	1800	576	1036800	85500	1122300
152	BF0192	DJIGOUERA	BF0192	WEST REGION	ORODARA1	I-Eng	24/7 DG	1700	576	979200	85500	1064700
153	BF0335	DJIPOLOGO	BF0335	WEST REGION	DIEBOUGOU2	I-Eng	24/7 DG	1320	576	760320	85500	845820
157	BF0750	DONONA	BF0750	WEST REGION		I-ENG	24/7 DG	1000	576	576000	85500	661500
170	BF0475	FAMBERLA	BF0475	WEST REGION	NIAMBERLA	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
221	BF0546	KARI	BF0546	NORTH AREA	DEDOUGOU1	I-Eng	24/7 DG	1670	576	961920	85500	1047420
222	BF0547	KARI_RD	BF0547	NORTH AREA	DEDOUGOU2	I-Eng	24/7 DG	1850	576	1065600	85500	1151100
223	BF0548	KARO	BF0548	NORTH AREA	DEDOUGOU1	I-Eng	24/7 DG	1450	576	835200	85500	920700
173	BF0135	FARAMANA	BF0135	WEST REGION	FARAMANA1	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
231	BF0301	KELBO	BF0301	NORTH AREA	KAYA-2	I-Eng	Solar + Genset	1050	576	604800	85500	690300
232	BF0549	KERA	BF0549	NORTH AREA	DEDOUGOU2	I-Eng	24/7 DG	1950	576	1123200	85500	1208700
233	BF0414	KERA-DOURE	BF0414	NORTH AREA	YAKO-2	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700

SYSTEME HYBRIDE PV/DIESEL POUR L'ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS DE AIRTEL SUR LES SITES-STRATEGIE DE REDUCTION DU COUT DU KWH DE AIRTEL : CAS DU SITE DE TANG

POORE

235	BF0550	KIE	BF0550	NORTH AREA	SOLENZO1	I-Eng	24/7 DG	1600	576	921600	85500	1007100
236	BF0229	KIEMBARA	BF0229	NORTH AREA	YAKO-3	I-Eng	24/7 DG	1750	576	1008000	85500	1093500
243	BF0406	KODJENA	BF0406	NORTH AREA	BOGANDE	I-Eng	24/7 DG	900	576	518400	85500	603900
174	BF0070	FO	BF0070	WEST REGION	FARAMANA1	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
245	BF0389	KOGODOU	BF0389	NORTH AREA	BOGANDE	I-Eng	24/7 DG	1350	576	777600	85500	863100
175	BF0187	FOLONZO	BF0187	WEST REGION	BANFORA2	I-Eng	Solar + Genset	1920	576	1105920	85500	1191420
251	BF0435	KOMBORIKOURA	BF0435	NORTH AREA	DEDOUGOU2	I-Eng	24/7 DG	1400	576	806400	85500	891900
258	BF0552	KONA	BF0552	NORTH AREA	BOROMO1	I-Eng	24/7 DG	1750	576	1008000	85500	1093500
259	BF0418	KONAN	BF0418	NORTH AREA	YAKO-1	I-Eng	24/7 DG	1050	576	604800	85500	690300
188	BF0433	GOMBLORA	BF0433	WEST REGION	GAOUA	I-Eng	24/7 DG	1100	576	633600	85500	719100
200	BF0537	GUENA	BF0537	WEST REGION	FARAMANA2	I-Eng	24/7 DG	1500	576	864000	85500	949500
262	BF0220	KORDIE	BF0220	NORTH AREA	KOUDOUYOU-2	I-Eng	24/7 DG	1810	576	1042560	85500	1128060
263	BF0554	KORSIMORO	BF0554	NORTH AREA	KAYA-3	I-Eng	24/7 DG	1050	576	604800	85500	690300
266	BF0397	KOSSOGOYOU	BF0397	NORTH AREA	BOGANDE	I-Eng	24/7 DG	1250	576	720000	85500	805500
267	BF0302	KOSSOUKA	BF0302	NORTH AREA	YAKO-2	I-Eng	Solar + Genset	1500	576	864000	85500	949500
205	BF0312	HELINTIRA/IRNAO	BF0312	WEST REGION	DIEBOUGOU1	I-Eng	Solar + Genset	1000	576	576000	85500	661500
216	BF0544	KANGALA	BF0544	WEST REGION	ORODARA1	I-Eng	24/7 DG	1750	576	1008000	85500	1093500
217	BF0545	KANKALABA	BF0545	WEST REGION	ORODARA1	I-Eng	24/7 DG	1500	576	864000	85500	949500
278	BF0557	KOUGNY	BF0557	NORTH AREA	DEDOUGOU3	I-Eng	24/7 DG	1510	576	869760	85500	955260
219	BF0419	KARANGASSO SAMBLA	BF0419	WEST REGION	NIAMBERLA	I-Eng	24/7 DG	1800	576	1036800	85500	1122300
281	BF0558	KOUMANA	BF0558	NORTH AREA	DEDOUGOU1	I-Eng	Solar + Genset	1470	576	846720	85500	932220
283	BF0233	KOUMBRI	BF0233	NORTH AREA	Ouahigouya-2	I-Eng	24/7 DG	1600	576	921600	85500	1007100
220	BF0189	KARANKASSO VIGUE	BF0189	WEST REGION	DIEBOUGOU3	I-Eng	Solar + Genset	1800	576	1036800	85500	1122300
229	BF0471	KAYAAN	BF0471	WEST REGION	FARAMANA2	I-Eng	24/7 DG	1750	576	1008000	85500	1093500
244	BF0428	KOFLANDE	BF0428	WEST REGION	BANFORA2	I-Eng	24/7 DG	1350	576	777600	85500	863100
288	BF0415	KOUTOYOU	BF0415	NORTH AREA	DORI-3	I-Eng	24/7 DG	1100	576	633600	85500	719100
248	BF0191	KOLOKO	BF0191	WEST REGION	ORODARA1	I-Eng	24/7 DG	1700	576	979200	85500	1064700
260	BF0553	KONANDOUYOU	BF0553	WEST REGION	BANFORA1	I-Eng	24/7 DG	1300	576	748800	85500	834300

SYSTEME HYBRIDE PV/DIESEL POUR L'ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS DE AIRTEL SUR LES SITES-STRATEGIE DE REDUCTION DU COUT DU KWH DE AIRTEL : CAS DU SITE DE TANG

POORE

276	BF0685	KOUENDIV_REP	BF0685	WEST REGION		I-Eng	24/7 DG	1100	576	633600	85500	719100
296	BF0561	LANKOUÉ	BF0561	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-3	I-Eng	24/7 DG	1500	576	864000	85500	949500
298	BF0562	LAOUA_MOSSI	BF0562	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-3	I-Eng	24/7 DG	600	576	345600	85500	431100
277	BF0556	KOUMENTOU	BF0556	WEST REGION	BOBO2	I-Eng	24/7 DG	1600	576	921600	85500	1007100
279	BF0033	KOUKA	BF0033	WEST REGION	BOBO2	I-Eng	Solar + Genset	1700	576	979200	85500	1064700
305	BF0402	LEOURA	BF0402	NORTH AREA	BOGANDE	I-Eng	24/7 DG	1500	576	864000	85500	949500
306	BF0399	LIPTOUGOU	BF0399	NORTH AREA	KAYA-3	I-Eng	24/7 DG	750	576	432000	85500	517500
284	BF0134	KOUNDOUGOU	BF0134	WEST REGION	FARAMANA1	I-Eng	24/7 DG	1300	576	748800	85500	834300
286	BF0193	KOURINION	BF0193	WEST REGION	FARAMANA2	I-Eng	24/7 DG	1075	576	619200	85500	704700
287	BF0098	KOUROUMA	BF0098	WEST REGION	FARAMANA2	I-Eng	24/7 DG	1700	576	979200	85500	1064700
316	BF0571	MADOUBA	BF0571	NORTH AREA	DEDOUGOU3	I-Eng	24/7 DG	1000	576	576000	85500	661500
291	BF0341	LABA	BF0341	WEST REGION	KOUDOUGOU-1	I-Eng	24/7 DG	1600	576	921600	85500	1007100
294	BF0696	LAHIRASSO	BF0696	WEST REGION		I-Eng	24/7 DG	1350	576	777600	85500	863100
303	BF0564	LENA	BF0564	WEST REGION	BOBO1	I-Eng	24/7 DG	950	576	547200	85500	632700
321	BF0303	MALOU	BF0303	NORTH AREA	DORI-3	I-Eng	Solar + Genset	550	576	316800	85500	402300
322	BF0149	MANE	BF0149	NORTH AREA	KAYA-3	I-Eng	24/7 DG	1400	576	806400	85500	891900
312	BF0139	LOUMANA	BF0139	WEST REGION	BANFORA1	I-Eng	24/7 DG	900	576	518400	85500	603900
327	BF0313	MANSILA	BF0313	NORTH AREA	KAYA-1	I-Eng	24/7 DG	1050	576	604800	85500	690300
328	BF0398	MARGOU	BF0398	NORTH AREA	BOGANDE	I-Eng	24/7 DG	1280	576	737280	85500	822780
329	BF0179	MARKOYE	BF0179	NORTH AREA	DORI-2	I-Eng	24/7 DG	1910	576	1100160	85500	1185660
315	BF0569	MADIASSO	BF0569	WEST REGION	BANFORA2	I-Eng	24/7 DG	700	576	403200	85500	488700
318	BF0572	MAHOJANA	BF0572	WEST REGION	SOLENZO1	I-Eng	24/7 DG	1500	576	864000	85500	949500
335	BF0411	MENE	BF0411	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-2	I-Eng	24/7 DG	1000	576	576000	85500	661500
319	BF0241	MALBA	BF0241	WEST REGION	DIEBOUGOU2	I-Eng	Solar + Genset	1300	576	748800	85500	834300
337	BF0484	MINIMA	BF0484	NORTH AREA	YAKO-2	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
320	BF0427	MALON	BF0427	WEST REGION	BANFORA1	I-Eng	24/7 DG	1600	576	921600	85500	1007100
323	BF0186	MANGODARA	BF0186	WEST REGION	BANFORA2	I-Eng	Solar + Genset	1350	576	777600	85500	863100
332	BF0429	MAWE	BF0429	WEST REGION	SOLENZO1	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700

SYSTEME HYBRIDE PV/DIESEL POUR L'ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS DE AIRTEL SUR LES SITES-STRATEGIE DE REDUCTION DU COUT DU KWH DE AIRTEL : CAS DU SITE DE TANG

POORE

356	BF0478	NAMSIGUIYA	BF0478	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-3	I-Eng	24/7 DG	1100	576	633600	85500	719100
361	BF0412	NASSOUMBOU	BF0412	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-3	I-Eng	24/7 DG	1070	576	616320	85500	701820
333	BF0654	MBIE	BF0654	WEST REGION	ORODARA1	I-Eng	24/7 DG	1900	576	1094400	85500	1179900
615	BF0734	NAWAOUBKIBA	BF0734	NORTH AREA		I-Eng	24/7 DG	700	576	403200	85500	488700
343	BF0423	MORLABA	BF0423	WEST REGION	NIAMBERLA	I-Eng	24/7 DG	1150	576	662400	85500	747900
344	BF0190	MOUSSODOUGOU	BF0190	WEST REGION	BANFORA1	I-Eng	24/7 DG	1750	576	1008000	85500	1093500
366	BF0349	NEHOUROU	BF0349	NORTH AREA	YAKO-3	I-Eng	24/7 DG	1300	576	748800	85500	834300
374	BF0698	NIESSEGA	BF0698	NORTH AREA		I-ENG	24/7 DG	650	576	374400	85500	459900
389	BF0350	Ouahabou	BF0350	WEST REGION	BOROMO2	I-Eng	Solar + Gri + Genset	500	576	288000	85500	373500
616	BF0692	Ouanonbian_RD	BF0692	NORTH AREA		I-Eng	24/7 DG	2150	576	1238400	85500	1323900
395	BF0142	Ouarkeye	BF0142	NORTH AREA	DEDOUGOU1	I-Eng	24/7 DG	1700	576	979200	85500	1064700
352	BF0244	NAKO	BF0244	WEST REGION	DIEBOUGOU2	I-Eng	24/7 DG	1700	576	979200	85500	1064700
399	BF0586	Ouindigui	BF0586	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-2	I-Eng	24/7 DG	725	576	417600	85500	503100
400	BF0587	OULA	BF0587	NORTH AREA	DEDOUGOU1	I-Eng	24/7 DG	1080	576	622080	85500	707580
402	BF0378	Oursi	BF0378	NORTH AREA	DORI-2	I-Eng	24/7 DG	1550	576	892800	85500	978300
364	BF0071	Ndorola	BF0071	WEST REGION	NIAMBERLA	I-Eng	24/7 DG	1850	576	1065600	85500	1151100
403	BF0138	Oury	BF0138	NORTH AREA	BOROMO1	I-Eng	24/7 DG	1450	576	835200	85500	920700
408	BF0588	Paspanga	BF0588	NORTH AREA	KAYA-2	I-Eng	24/7 DG	1100	576	633600	85500	719100
413	BF0590	Pella	BF0590	NORTH AREA	YAKO-1	I-Eng	24/7 DG	800	576	460800	85500	546300
370	BF0476	Niamberla	BF0476	WEST REGION	NIAMBERLA	I-Eng	24/7 DG	1700	576	979200	85500	1064700
414	BF0693	Pempendiagou	BF0693	NORTH AREA		I-ENG	24/7 DG	950	576	547200	85500	632700
416	BF0316	Pensa	BF0316	NORTH AREA	KAYA-2	I-Eng	Solar + Genset	1300	576	748800	85500	834300
420	BF0279	Pibaore	BF0279	NORTH AREA	KAYA-3	I-Eng	Solar + Genset	1100	576	633600	85500	719100
423	BF0223	Pilimpikou/Samba	BF0223	NORTH AREA	YAKO-1	I-Eng	24/7 DG	1120	576	645120	85500	730620
372	BF0140	Niankorodougou	BF0140	WEST REGION	BANFORA1	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
401	BF0315	Ouo	BF0315	WEST REGION	BANFORA2	I-Eng	Solar + Genset	1500	576	864000	85500	949500
424	BF0096	Pissila	BF0096	NORTH AREA	KAYA-3	I-Eng	24/7 DG	1750	576	1008000	85500	1093500
430	BF0089	Pobe	BF0089	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-2	I-Eng	24/7 DG	1100	576	633600	85500	719100

SYSTEME HYBRIDE PV/DIESEL POUR L'ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS DE AIRTEL SUR LES SITES-STRATEGIE DE REDUCTION DU COUT DU KWH DE AIRTEL : CAS DU SITE DE TANG

POORE

441	BF0595	RAMBO	BF0595	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-1	I-Eng	24/7 DG	500	576	288000	85500	373500
445	BF0353	ROLLO	BF0353	NORTH AREA	KAYA-2	I-Eng	24/7 DG	1300	576	748800	85500	834300
436	BF0473	POURACARREFOUR	BF0473	WEST REGION	BOROMO2	I-Eng	24/7 DG	1700	576	979200	85500	1064700
458	BF0422	SAMA	BF0422	WEST REGION	BOBO2	I-Eng	24/7 DG	1850	576	1065600	85500	1151100
460	BF0354	SAMENDENI	BF0354	WEST REGION	FARAMANA2	I-Eng	Solar + Genset	1100	576	633600	85500	719100
461	BF0598	SAMENDENI RIVE GAUCHE	BF0598	WEST REGION	FARAMANA1	I-Eng	24/7 DG	1600	576	921600	85500	1007100
462	BF0305	SAMOGOHIRI	BF0305	WEST REGION	ORODARA1	I-Eng	Solar + Genset	1000	576	576000	85500	661500
454	BF0091	SAFANE	BF0091	NORTH AREA	BOROMO1	I-Eng	24/7 DG	1470	576	846720	85500	932220
463	BF0194	SAMORGOUAN	BF0194	WEST REGION	NIAMBERLA	I-Eng	24/7 DG	1850	576	1065600	85500	1151100
472	BF0602	SARBA	BF0602	WEST REGION	BOROMO2	I-Eng	24/7 DG	1930	576	1111680	85500	1197180
465	BF0215	SANABA	BF0215	NORTH AREA	SOLENZO1	I-Eng	Solar + Genset	1770	576	1019520	85500	1105020
613	BF0699	SAO	BF0699	NORTH AREA		I-Eng	24/7 DG	1150	576	662400	85500	747900
474	BF0136	SATIRI	BF0136	WEST REGION	BOBO2	I-Eng	24/7 DG	1150	576	662400	85500	747900
486	BF0188	SIDERADOUGOU	BF0188	WEST REGION	BANFORA2	I-Eng	Solar + GRID	200	576	115200	85500	200700
476	BF0078	SEBBA	BF0078	NORTH AREA	DORI-1	I-Eng	24/7 DG	1570	576	904320	85500	989820
491	BF0421	SINDO	BF0421	WEST REGION	NIAMBERLA	I-Eng	24/7 DG	1650	576	950400	85500	1035900
493	BF0605	SIWI	BF0605	WEST REGION	BOBO2	I-Eng	24/7 DG	1650	576	950400	85500	1035900
495	BF0472	SOKOURABA	BF0472	WEST REGION	ORODARA1	I-Eng	24/7 DG	1300	576	748800	85500	834300
504	BF0130	SOUBAGAKANIEDOUGOU	BF0130	WEST REGION	BANFORA1	I-Eng	24/7 DG	1650	576	950400	85500	1035900
483	BF0318	SEYTENGA	BF0318	NORTH AREA	DORI-1	I-Eng	Solar + Genset	-750	576	-432000	85500	-346500
488	BF0410	SILGADJI	BF0410	NORTH AREA	DORI-3	I-Eng	24/7 DG	1000	576	576000	85500	661500
489	BF0603	SILGUEY	BF0603	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-3	I-Eng	24/7 DG	1100	576	633600	85500	719100
507	BF0283	SOUMOUSO	BF0283	WEST REGION	DIEBOUGOU3	I-Eng	Solar + Genset	1600	576	921600	85500	1007100
497	BF0606	SOLHAN	BF0606	NORTH AREA	DORI-1	I-Eng	24/7 DG	1300	576	748800	85500	834300
531	BF0242	TIANKOURA	BF0242	WEST REGION	DIEBOUGOU1	I-Eng	Solar + Genset	1000	576	576000	85500	661500
498	BF0409	SOLLE	BF0409	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-2	I-Eng	24/7 DG	600	576	345600	85500	431100
503	BF0425	SONON	BF0425	NORTH AREA	DEDOUGOU2	I-Eng	24/7 DG	2000	576	1152000	85500	1237500
505	BF0290	SOUBEIRA	BF0290	NORTH AREA	KAYA-3	I-Eng	Solar + Genset	650	576	374400	85500	459900

SYSTEME HYBRIDE PV/DIESEL POUR L'ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS DE AIRTEL SUR LES SITES-STRATEGIE DE REDUCTION DU COUT DU KWH DE AIRTEL : CAS DU SITE DE TANG  
POORE

509	BF0608	SOURGOUBILA	BF0608	NORTH AREA	YAKO-1	I-Eng	24/7 DG	1050	576	604800	85500	690300
516	BF0610	TANGAYE	BF0610	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-3	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
519	BF0055	TANGPOORE	BF0055	NORTH AREA	OUAGA-2	I-Eng	Solar + Genset	1100	576	633600	85500	719100
521	BF0307	TANSILA	BF0307	NORTH AREA	SOLENZO1	I-Eng	Solar + Genset	1400	576	806400	85500	891900
532	BF0356	TIARRA	BF0356	WEST REGION	FARAMANA2	I-Eng	Solar + Genset	1100	576	633600	85500	719100
535	BF0281	TIEFORA	BF0281	WEST REGION	BANFORA2	I-Eng	24/7 DG	1400	576	806400	85500	891900
550	BF0420	TONE	BF0420	WEST REGION	BOROMO2	I-Eng	24/7 DG	1450	576	835200	85500	920700
522	BF0145	TCHERIBA	BF0145	NORTH AREA	DEDOUGOU1	I-Eng	24/7 DG	1850	576	1065600	85500	1151100
526	BF0613	THION	BF0613	NORTH AREA	KAYA-1	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
527	BF0234	THIOU	BF0234	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-1	I-Eng	24/7 DG	1800	576	1036800	85500	1122300
555	BF0620	TOUKORO	BF0620	WEST REGION	FARAMANA1	I-Eng	24/7 DG	1600	576	921600	85500	1007100
538	BF0616	TILGA	BF0616	NORTH AREA	BOGANDE	I-Eng	24/7 DG	1350	576	777600	85500	863100
539	BF0617	TIN-AKOFF	BF0617	NORTH AREA	DORI-2	I-Eng	24/7 DG	700	576	403200	85500	488700
542	BF0381	TITABE	BF0381	NORTH AREA	DORI-1	I-Eng	24/7 DG	1300	576	748800	85500	834300
543	BF0094	TITAO	BF0094	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-2	I-Eng	24/7 DG	1900	576	1094400	85500	1179900
562	BF0308	WELENI	BF0308	WEST REGION	ORODARA1	I-Eng	Solar + Genset	1400	576	806400	85500	891900
546	BF0159	TOEGHIN	BF0159	NORTH AREA	YAKO-1	I-Eng	24/7 DG	1400	576	806400	85500	891900
547	BF0358	TOENI	BF0358	NORTH AREA	YAKO-3	I-Eng	24/7 DG	900	576	518400	85500	603900
551	BF0479	TONGOMAYEL	BF0479	NORTH AREA	DORI-3	I-Eng	24/7 DG	1140	576	656640	85500	742140
564	BF0483	WOLONKOTO	BF0483	WEST REGION	BANFORA1	I-Eng	24/7 DG	1350	576	777600	85500	863100
577	BF0481	YEGUERESSO	BF0481	WEST REGION	BOBO1	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
578	BF0310	YENDERE	BF0310	WEST REGION	BANFORA2	I-Eng	Solar + Genset	1300	576	748800	85500	834300
553	BF0619	TOUGO	BF0619	NORTH AREA	YAKO-2	I-Eng	24/7 DG	650	576	374400	85500	459900
554	BF0125	TOUGOURI	BF0125	NORTH AREA	KAYA-1	I-Eng	Bad Grid + Genset	900	576	518400	85500	603900
556	BF0621	TOULFE	BF0621	NORTH AREA	OUAHIGOUYA-2	I-Eng	24/7 DG	600	576	345600	85500	431100
565	BF0634	WONA	BF0634	NORTH AREA	BOROMO1	I-Eng	24/7 DG	1650	576	950400	85500	1035900
568	BF0309	YAHO	BF0309	NORTH AREA	BOROMO1	I-Eng	Solar + Genset	1830	576	1054080	85500	1139580
588	BF0627	ZAMBO	BF0627	WEST REGION	DIEBOUGOU2	I-Eng	24/7 DG	1500	576	864000	85500	949500

SYSTEME HYBRIDE PV/DIESEL POUR L'ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS DE AIRTEL SUR LES SITES-STRATEGIE DE REDUCTION DU COUT DU KWH DE AIRTEL : CAS DU SITE DE TANG  
POORE

628	BF0752	LELOUBON	BF0752	WEST REGION		I-Eng	24/7 DG	1000	576	576000	85500	661500
269	BF0633	KOTI	BF0633	WEST REGION	BOROMO2	I-Eng	Solar + Genset	1500	576	864000	85500	949500
570	BF0151	YALGO	BF0151	NORTH AREA	KAYA-1	I-Eng	24/7 DG	2200	576	1267200	85500	1352700
433	BF0317	POMPOI	BF0317	WEST REGION	BOROMO1	I-Eng	Solar + Genset	1000	576	576000	85500	661500
574	BF0431	YASSO	BF0431	NORTH AREA	SOLENZO1	I-Eng	24/7 DG	1300	576	748800	85500	834300
576	BF0321	YE	BF0321	NORTH AREA	DEDOUGOU3	I-Eng	Solar + Genset	1450	576	835200	85500	920700
580	BF0384	YIMIOUGOU	BF0384	NORTH AREA	DORI-3	I-Eng	24/7 DG	1300	576	748800	85500	834300
621	BF0697	YOU	BF0697	NORTH AREA		I-Eng	24/7 DG	600	576	345600	85500	431100
589	BF0280	ZEGUEDEGUEN	BF0280	NORTH AREA	BOGANDE	I-Eng	24/7 DG	1200	576	691200	85500	776700
485	BF0306	SIBY	BF0306	WEST REGION	BOROMO1	I-Eng	Solar + Genset	1900	576	1094400	85500	1179900
598	BF0228	ZOGORE	BF0228	NORTH AREA	YAKO-3	I-Eng	24/7 DG	1700	576	979200	85500	1064700
618	BF0838	KOURASSO	BF0838	WEST REGION		I-Eng	24/7 DG	1600	576	921600	85500	1007100
								338550		195004800	21717000	216721800
												0

## ANNEXE A2 : CARACTERISTIQUES DU GROUPE ELECTROGENE



R33C3 avec options



R110C3 avec options



R550C3

### Caractéristiques techniques

Référence SDMO	R16CC	R22C3	R33C3	R44C3	R66C3	R90C3	R110C3	R135C3	R165C3	R220C3	R275C3	R330C3	R450C3	R550C3
Conforme Stage 3A	non concerné	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Puissance PRP (1) (kVA)	15	20	30	40	60	82	100	123	150	200	250	300	400	500
Puissance PRP (kW)	12	16	24	32	48	66	80	98	120	160	200	240	320	400
Puissance ESP (2) (kVA)	16	22	33	40	66	90	110	135	165	220	275	330	440	550
Puissance ESP (kW)	13	18	26	32	53	72	88	108	132	176	220	264	352	440
Intensité nominale (A)	23	32	48	58	95	130	159	195	238	318	397	476	635	794
Niveau sonore dB(A) @ 1 metre	71	74	72	71	77	75	75	77	78	78	77	78	75	76
Niveau sonore dB(A) @ 7 metres	61	60	60	59	66	64	64	66	68	68	66	67	65	66
Niveau sonore (Lwa)	87	90	90	88	95	93	93	95	96	96	97	97	95	96

Alternateur														
Marque	LEROY SOMER													
Modèle	LSA40S3	LSA40M5	LSA423VS3	LSA423S5	LSA423L9	LSA432L8	LSA442V545	LSA442S7	LSA442M95	LSA462M5	LSA462L6	LSA462VL12	LSA472VS3	LSA472M7

SYSTEME HYBRIDE PV/DIESEL POUR L'ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS DE AIRTEL SUR LES SITES-STRATEGIE DE REDUCTION  
DU COUT DU KWH DE AIRTEL : CAS DU SITE DE TANG POORE

Moteur / 1500Tr/min														
Marque	MITSUBISHI	MITSUBISHI	MITSUBISHI	MITSUBISHI	JOHN DEERE	VOLVO	VOLVO							
Modèle	S4L2-61SD	S4Q2-Z361SD	S4S-Z361SD	S4S-Z3D161SD	4045HFS85	4045HFS86	4045HFS87	4045HFS88	6068HFS85	6068HFS86	6090HFS85	6090HFS86	TAD1355GE	TAD1651GE
Puissance prime (kW)	14,4	20,3	28,3	36	55,0	75,4	93,4	112,2	139	184	230,4	276,6	369	441
Nombre de cylindres	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
Tension des auxiliaires (V)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	24	24
Cylindrée (L)	1,76	2,51	3,33	3,33	4,48	4,48	4,48	4,48	6,72	6,72	8,98	8,98	12,78	16,12
Consommation à 75% de charge (L/h)	3,4	4,8	6,2	8,1	12,7	15,2	20,7	20,7	24,5	37,6	43,2	50,7	66,7	79,8
Combustible / Refroidissement	Diesel / Eau													
Emissions HCNOx @ ESP (g/KWh)	non concerné	7,4	7,4	7,4	4,16	3,54	3,54	3,54	3,68	3,68	3,89	3,89	3,61	3,62

Carburant														
Capacité du réservoir grande contenance (L)	153	153	220	220	390	527	527	527	860	860	1083	1083	1481	1481
Capacité du réservoir * petite contenance (L)	x	x	x	x	x	209	209	209	377	377	x	x	x	x

Autonomie avec réservoir grande contenance (en h)														
à 100% de charge	34,8	24,7	25,6	21,2	26,4	26,6	21,7	18,6	24,6	18,7	18,9	15,8	17,8	14,5
à 75% de charge	45	31,9	35,5	27,2	30,7	34,7/13,8**	25,5/10,1**	22,9/9,1**	35,1/15,4**	22,9/10**	25,1	21,4	22,2	18,6
à 50% de charge	58,8	45	51,1	49,4	41,9	46,6	36,9	31,4	47,8	33	34,8	29,6	30,7	26,9

Dimensions avec réservoir grande contenance	M3126	M3127	M3128	M3129	M3226	M3227	M3228
Longueur (en mm)	1850	1850	2200	2200	2545	2860	2860
Largeur (en mm)	901	901	1000	1000	1150	1191	1191
Hauteur (en mm)	1355	1355	1528	1528	1824	2000/1850**	2000/1850**
Poids en ordre de marche (en kg)	900	937	1277	1312	2040	2580/2045**	2620/2110**

(1) PRP : Puissance principale disponible en continue sous charge variable pendant un nombre d'heure illimité par an en accord avec ISO 8528-1.  
(2) ESP : Puissance Stand-by disponible pour une utilisation secours sous charge variable en accord avec ISO 8528-1, pas de surcharge disponible dans ce service.  
● De série  
x Non disponible  
\* En option  
\*\* En version petite contenance

[www.sdmo.com](http://www.sdmo.com)

## ANNEXE A3 : CARACTERISTIQUES DU MODULE PHOTOVOLTAIQUE

Modules monocristallins

**60 cellules** - Cadre Standard ou Solrif  
6 strings de 10 cellules monocristallines haut rendement

GARANTIE  
10 ans  
FABRICANT



Verre de qualité solaire d'épaisseur 4 mm, microstructuré en face intérieure augmentant le rendement par éclairage diffus.

Résistance aux conditions climatiques extrêmes (5400 pa).

Assemblage Verre-EVA-Backsheet réalisé sous vide pour une meilleure encapsulation des cellules.

3 bus-bars relient les cellules entre elles pour un rendement accru.

Module photovoltaïque	60 M 250	60 M 255	60 M 260	60 M 265 (1)
Puissance (Pmax)	250	255	260	265
Tolérance de puissance **				
Couleur backsheet	Blanc* / Noir	Blanc / Noir	Blanc	Blanc
Rendement du module au m <sup>2</sup> (%)	15	15,3	15,6	15,9
Type de cellules	Monocristallines			
Nombre de cellules	60			
Dimension des cellules (mm)	156 x 156			
Température de fonctionnement nominal des cellules (Noct)	45 +/- 1 °C			
Tension maximale	1000 V			
Tension à puissance max Vpm (V)	30,5	30,6	30,75	30,8
Intensité à puissance max Ipm (A)	8,2	8,35	8,45	8,6
Tension circuit ouvert Voc (V)	37,6	37,7	37,85	37,90
Intensité du court-circuit Icc (A)	8,7	8,8	8,9	9,05
Courant inverse (A) maximal admissible	15			
Nombre de diodes by-pass	3			
Impact de la température des cellules :				
Icc	+ 4,2 mA/°C			
Voc	- 126 mV/°C			
Pm = Ipm * Vpm	- 0,41 %/°C			
Températures d'utilisation	-40...+85°C			
Connectiques	Lumberg LC4			

Suivant conditions de test standardisée (STC) : ensoleillement de 1000 W/m<sup>2</sup>, AM 1,5, température des cellules 25°C.

\* Sous réserve de disponibilité des cellules. Consulter SILLIA Energie avant toute commande / \*\* Autres tolérances électriques +/-10%

(1) Avec utilisation d'un verre traité anti-reflets

## ANNEXE A4: CARACTERISTIQUES DU REGULATEUR DE CHARGE

### Steca Power Tarom 2070, 2140, 4055, 4110, 4140

Spécialement conçu pour les applications industrielles et les applications en plein air, le Steca Power Tarom est livré dans un boîtier IP 65 en acier à revêtement par poudre.

Ce régulateur de charge solaire permet de réguler les systèmes d'une puissance maximale de 8 400 Wc sur trois niveaux de tension (12 V, 24 V, 48 V). Le Steca Power Tarom utilise la technologie des régulateurs Steca Tarom. Plusieurs régulateurs de cette série peuvent être montés en parallèle sur un bus DC classique et fonctionner dans un système maison solaire simple ou un système hybride. Ceci permet d'atteindre une puissance de plus de 20 kWc.



#### Caractéristiques du produit

- Régulateur hybride
- Détermination de l'état de charge par le Steca AtonIC (SOC)
- Sélection automatique de tension
- Régulation MLI
- Technologie de charge à plusieurs niveaux
- Déconnexion de consommateurs en fonction du système SOC
- Reconnexion automatique du consommateur
- Compensation de température
- Mise à la terre positive ou négative à l'une des bornes
- Enregistreur de données intégré
- Fonction éclairage nocturne avec le Steca PA 15
- Auto-test
- Charge d'entretien mensuelle
- Compteur d'énergie intégré

#### Fonctions de protection électroniques

- Protection contre les surcharges
- Protection contre les décharges profondes
- Protection contre une polarité inversée des panneaux solaires, des consommateurs et de la batterie
- Protection contre une polarité inversée par fusible interne
- Fusible électronique automatique
- Protection contre les courts-circuits des consommateurs et des panneaux solaires
- Protection contre les surtensions sur l'entrée du panneau solaire
- Protection contre circuit ouvert sans batterie
- Protection contre courant inverse pendant la nuit
- Protection contre surtempérature et surcharge
- Déconnexion en cas de surtension de la batterie

#### Affichages

- Écran LCD à texte
  - pour les paramètres de service, les messages de dysfonctionnement, l'auto-test

#### Commande

- Commande à navigation par menu simple
- Programmation par touches
- Interruption manuelle du consommateur

#### Interfaces

- Interface RJ45

#### Options

- Sonde de température externe (contenues dans la livraison)
- Contact d'alarme (Page 31)
- Surveillance de l'installation via le câble de données Steca PA CAB 1 Tarcom (Page 37)

#### Certificats

- Approuvé par la Banque mondiale pour le Népal

Steca Power Tarom 2140, Power Tarom 4110, Power Tarom 4140

	2070	2140	4055	4110	4140
<b>Caractérisation des performances de fonctionnement</b>					
Tension de système	12 V (24 V)		48 V		
Consommation propre	14 mA				
<b>Côté entrée DC</b>					
Tension à vide du panneau photovoltaïque	< 50 V		< 100 V		
Courant du panneau	70 A	140 A	55 A	110 A	140 A
<b>Côté sortie DC</b>					
Courant du consommateur	70 A	70 A	55 A	55 A	70 A
Tension finale de charge	13,7 V (27,4 V)		54,8 V		
Tension de charge rapide	14,4 V (28,8 V)		57,6 V		
Charge d'égalisation	14,7 V (29,4 V)		58,8 V		
Point de référence de réenclenchement (SOC / LV%)	> 50 % / 12,6 V (25,2 V)		> 50 % / 50,4 V		
Protection contre la décharge profonde (SOC / LVD)	< 30 % / 11,1 V (22,2 V)		< 30 % / 44,4 V		
<b>Conditions de fonctionnement</b>					
Température ambiante	-10 °C ... +60 °C				
<b>Installation et construction</b>					
Réglage du type d'accumulateur	liquide (réglable via menu)				
Borne de raccordement (à fils fins / à un fil)	50 mm <sup>2</sup> - AWG 1	95 mm <sup>2</sup> - AWG 000	50 mm <sup>2</sup> - AWG 1	70 mm <sup>2</sup> - AWG 00	95 mm <sup>2</sup> - AWG 000
Degré de protection	IP 65				
Dimensions (X x Y x Z)	330 x 330 x 190 mm	360 x 330 x 190 mm	330 x 330 x 190 mm	360 x 330 x 190 mm	
Poids	10 kg				

Données techniques à 25 °C / 77 °F

Steca PA HS200

## ANNEXES A5 : CARRACTERISTIQUES DE LA BATTERIE D'ACCUMULATEUR

### Emerson VRLA Battery

#### Dimensions And Weight

Model	Capacity	L x W x H(mm)	Weight(Kg)
T12V40SEF/A	12V40Ah	274 × 105 × 210	16.0
T12V65SE/A	12V65Ah	356 × 176 × 230	33.0
T12V100/A	12V100Ah	400 × 177 × 300	54.0
T12V100SE/A	12V100Ah	360 × 177 × 265	43.5
T12V100SE/B	12V100Ah	407 × 173 × 225	42.0
T12V100SEF/A	12V100Ah	520 × 107 × 263	36.5
T12V165SEF/A	12V165Ah	526 × 125 × 310	56.0
T2V200E/A	2V200Ah	96 × 176 × 365	16.0
T2V300E/A	2V300Ah	143 × 176 × 365	24.5
T2V400E/A	2V400Ah	164 × 176 × 365	27.0
T2V500E/A	2V500Ah	214 × 180 × 365	36.0
T2V650E/A	2V650Ah	212 × 175 × 455	47.5
T2V800E/A	2V800Ah	212 × 256 × 455	56.0
T2V1000E/A	2V1000Ah	212 × 256 × 455	70.0
T2V1600/A	2V1600Ah	332 × 355 × 367	110.0
T2V2000/A	2V2000Ah	425 × 357 × 367	145.0
T2V3000/A	2V3000Ah	616 × 356 × 366	220.0



T2V200E/A



T2V500E/A