

RAPPORT DE STAGE DU SEMESTRE 8

ETUDE DE PREFAISABILITE D'UN SYSTEME HYBRIDE (PV+GE) POUR L'ALIMENTATION ELECTRIQUE D'UN SITE ISOLE SITUE DANS LA COMMUNE DE COCODY/ABIDJAN

VILLA RION



Réalisé par :

DJIBO ABDOULAYE Aïcha 20150214 S8-GEE

Travaux dirigé par :

ATTEBI Noël, Responsable Energie Solaire

Période de stage : Du 01 Aout au 30 Aout

REMERCIEMENTS

Avant de débiter ce rapport, je veux exprimer ma reconnaissance et ma gratitude à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce document.

Je voudrais tout d'abord remercier :

- o Le responsable pédagogique de la formation : Dr. Moussa Y. SORO, chef de département et enseignant à 2iE, votre compréhension, vos conseils et encouragements au travail, votre promptitude mais surtout votre disponibilité m'ont aidé,
- o Tout le corps administratif, et professoral de 2iE qui a assuré ma formation, Merci pour leur tutorat très apprécié et leur expertise pédagogique ;

Remerciements distingués à Monsieur Patrick PENAUD, Directeur Général de SMART ENERGY et à toute son équipe, notamment Monsieur Jean Baptiste DOTIA et Monsieur ATTEBI Noel, respectivement Directeur Technique et Responsable énergie solaire pour m'avoir accueilli au sein du Département, en particulier au Service des Energies Solaires.

Je voudrais vous présenter mes très sincères remerciements pour toute la sollicitude dont vous avez fait montre depuis le début de cette formation jusqu'à son aboutissement, sanctionnée par ce rapport.

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

AVANT PROPOS

L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) est un établissement d'enseignement supérieur et de recherche basé à Ouagadougou au Burkina Faso. Sa création en 2006, résulte de la fusion et la restructuration des écoles inter-États EIER (École d'Ingénieurs de l'Équipement Rural) et ETSHER (École des Techniciens de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural), créées respectivement en 1968 et 1970 par 14 États d'Afrique de l'Ouest et Centrale pour former des ingénieurs spécialisés dans les domaines de l'équipement et de l'hydraulique. Véritable partenariat Public/Privé, 2iE rassemble, dans une communauté de valeurs, les États fondateurs, les entreprises privées et les partenaires institutionnels, académiques et scientifiques. 2iE dispense une formation de pointe dans les domaines de l'Eau et l'Assainissement, l'Energie et l'Electricité, l'Environnement et le Développement Durable, le Génie Civil et les Mines, le Management et l'Entrepreneuriat conformément au Processus de Bologne : Licence, Master, Doctorat ; en partenariat avec les meilleures universités du monde, offrant ainsi une grande mobilité aux étudiants.

Les diplômés de 2iE sont accrédités et reconnus en Afrique et à l'international à travers le Conseil Africain et Malgache pour l'Enseignement Supérieur (CAMES) et la Conférence Française des Grandes Ecoles (CGE). Les diplômés d'Ingénieur sont accrédités par la Commission Française des Titres d'Ingénieur (Cti), labellisés EUR-ACE en Europe et AACRAO aux Etats Unis.

Dans un souci de former des Ingénieurs de Conception et des Techniciens Supérieurs hautement qualifiés et aptes à relever les challenges, les étudiants bénéficient d'une formation théorique et d'une formation pratique qui consiste en des travaux pratiques et visites sur site. Les formations pour le niveau master sont sanctionnées par des stages de production en entreprise ou dans un laboratoire de recherche en vue de la rédaction d'un mémoire.

C'est dans cette optique que nous avons été retenus au sein de l'entreprise SMART ENERGY pour notre stage du semestre 8 dont le thème s'intitule : « ETUDE DE PREFAISABILITE D'UN SYSTEME HYBRIDE (PV+GE) POUR L'ALIMENTATION ELECTRIQUE D'UN SITE ISOLE SITUE DANS LA COMMUNE DE COCODY/ABIDJAN ».

Le présent rapport rédigé selon les normes de l'entreprise en est la parfaite illustration et rend compte des travaux effectués.

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

RESUME

Dans un souci de rendre l'électricité plus proche des populations et à moindre coût, la société SMART ENERGY s'est donné pour mission d'accompagner les entreprises pour atteindre les niveaux de performance énergétique les plus ambitieux avec une approche personnalisée répondant aux besoins spécifiques de chaque client

SMART ENERGY, dans le cadre de notre stage du semestre 8 nous a confié l'étude de préfaisabilité d'une installation photovoltaïque. Il s'agit ici de l'installation d'un site isolé situé à ABIDJAN/COCODY.

Pour satisfaire les besoins du site qui s'élèvent à 82,529 kWh trois scénarios ont été proposés. Le premier qui suppose que le champs PV assure 100% des besoins ; le deuxième qui suppose un champ de 25 kWc couplé à un groupe électrogène de 20 kVA et enfin le scénario qui suppose que le champs PV assure 50% des besoins associé à un groupe de 25 kVA. Le premier scénario coûterait 58 440 531 FCFA avec une quantité de CO2 évitée de 17,31 kg, le 2nd quant à lui 52 205 949 FCFA avec une quantité de CO2 évitée de 14,28 kg , et pour finir le dernier scénario a un cout de 40 915 102 FCFA avec une quantité de CO2 évitée de 7,52 kg.

MOTS CLES :

- o Système hybride PV-Diesel
- o Site isolé
- o Cout d'exploitation

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

ABSTRACT

In order to make electricity closer to people and at a lower cost, SMART ENERGY has set itself the mission of supporting companies to achieve the most ambitious energy performance levels with a personalized approach that meets the specific needs. from each client SMART ENERGY, as part of our semester 8 internship entrusted us the prefeasibility study of a photovoltaic installation. This is the installation of an isolated site located at ABIDJAN / COCODY.

To meet the site needs of 82,529 kW, three scenarios have been proposed. The first assumes that the PV field provides 100% of the requirements, then a field of 25 kWp coupled to a generator of 20 kVA and finally the scenario or the PV field provides 50% of the needs associated with a group of 25 kVA. The first scenario would cost 58,440,531 FCFA with a avoided amount of CO2 of 17.31 kg, the second scenario would mean 52,205,949 FCFA with a avoided amount of CO2 of 14,28 kg, and finally the last scenario would cost 40,915 102 FCFA with an amount of CO2 avoided of 7.52 kg.

KEYWORDS :

- o Solar-Diesel hybrid system
- o Isolated site
- o Exploitation costs

**PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE
PHOTOVOLTAIQUE**

LISTES DES ABREVIATIONS

| Désignation | Général |
|-------------|--|
| 2iE | Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement |
| PV | Photovoltaïque |
| GE | Groupe électrogène |
| CIE | Compagnie ivoirienne d'électricité |
| GES | Gaz à effet de serre |
| RDC | Rez de chaussée |
| V | Volt |
| CO2 | Dioxyde de carbone |
| kWh | Kilo Watts heures |
| CTI | Commission française du titre d'ingénieur |
| CAMES | Conseil Africain et Malgache pour l'Enseignement Supérieur |
| CGE | Conférence Française des Grandes Ecoles |

**PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D’ENERGIE SOLAIRE
PHOTOVOLTAIQUE**

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|----|
| REMERCIEMENTS | 2 |
| AVANT PROPOS | 3 |
| RESUME | 4 |
| ABSTRACT | 5 |
| LISTES DES ABREVIATIONS | 6 |
| LISTE DES FIGURES | 8 |
| LISTE DES TABLEAUX | 9 |
| INTRODUCTION | 10 |
| I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL : SMART ENERGY | 11 |
| II. PRESENTATION GENERALE DU PROJET | 12 |
| III. CAHIER DE CHARGE DU PROJET | 13 |
| IV. ETUDE TECHNIQUE DU PROJET | 14 |
| 1. Présentation des données..... | 14 |
| 2. Bilan de puissance | 15 |
| 3. Présentation des scénarios d’études..... | 17 |
| 4. Simulation de production de l’installation proposée | 19 |
| a. Scenario 1 | 19 |
| b. Scenario 2..... | 20 |
| c. Scenario 3..... | 21 |
| d. Synthèse des différents scénarios | 22 |
| V. ASPECT FINANCIER | 23 |
| 1. Cout d’exploitation lié à la consommation du groupe électrogène | 23 |
| 2. Cout global des différents scénarios..... | 25 |
| VI. PROCHAINE ETAPE | 25 |
| CONCLUSION | 27 |
| ANNEXE | 28 |

**PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE
PHOTOVOLTAIQUE**

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|----|
| Figure 1 Site du projet | 12 |
| Figure 2 Demande du client | 12 |
| Figure 3 courbe du rayonnement..... | 14 |
| Figure 4 Localisation du site | 15 |
| Figure 5 Informations sur le groupe électrogène..... | 24 |

**PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE
PHOTOVOLTAIQUE**

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1 Irradiation mensuel (source : SOLARGIS)..... | 14 |
| Tableau 2 Bilan de puissance | 15 |
| Tableau 3 Estimation de la puissance crête | 18 |
| Tableau 4 Productible mensuel (Source: SOLARGIS)..... | 20 |
| Tableau 5 Evaluation des besoins mensuels 30kW | 20 |
| Tableau 6 Productible mensuel 25 kW..... | 21 |
| Tableau 7 Evaluation des besoins mensuels 25 kW | 21 |
| Tableau 8 Productible mensuel 13 kW..... | 22 |
| Tableau 9 Evaluation des besoins mensuels 13 kW | 22 |
| Tableau 10 Synthèse des résultats | 23 |
| Tableau 11 Consommation du groupe électrogène..... | 25 |
| Tableau 12 Analyse comparative des trois solutions | 25 |

INTRODUCTION

Dans le contexte énergétique et environnemental mondial actuel, l'objectif visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) et les substances polluantes (au-delà du protocole de Kyoto), en exploitant et en combinant des sources d'énergie alternatives et renouvelables ainsi qu'en réduisant l'utilisation de combustibles fossiles est devenu capital.

Le Soleil constitue naturellement une source d'énergie renouvelable offrant un grand potentiel et pouvant être utilisée tout en respectant l'environnement.

Parmi les différents systèmes utilisant des sources d'énergie renouvelables, le photovoltaïque s'avère prometteur en raison de ses qualités intrinsèques : ses frais de fonctionnement sont très réduits (le combustible est gratuit), ses exigences d'entretien sont limitées, il est fiable, silencieux et relativement facile à installer. De plus, l'énergie solaire Photovoltaïque a un attrait certain lorsqu'on considère qu'elle peut fournir de l'électricité écologiquement et à bon marché aux populations en zone isolées.

Les systèmes autonomes utilisant des générateurs solaires en combinaison avec un générateur diesel sont de plus en plus utilisés pour assurer l'énergie électrique aux charges sur les sites isolés. Ces systèmes peuvent être configurés avec des générateurs solaires ou diesels seuls, ou avec la combinaison des deux. Pour décider quelle est la configuration du système qui convient le mieux à un cas spécifique, il est nécessaire d'identifier toutes les configurations possibles pour satisfaire la demande de charge avec un niveau de fiabilité désiré. De ces configurations, une solution optimale est extraite sur la base d'une analyse économique et écologique.

C'est donc dans cette optique que ce document technique et commerciale visant l'étude de préfaisabilité de l'installation photovoltaïque d'une villa en vue de permettre aux futurs habitants de cette villa d'avoir accès à une énergie électrique abondante, propre et à moindre coût.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : SMART ENERGY

Filiale de la CIE et du Groupe ERANOVE, SMART ENERGY est une société anonyme au capital de 350 millions de F.CFA. SMART ENERGY a pour mission d'accompagner les entreprises pour atteindre les niveaux de performance énergétique les plus ambitieux avec une approche personnalisée répondant aux besoins spécifiques de chaque client.

SMART ENERGY articule ses activités autour de quatre grandes compétences :

- Audit et diagnostic énergétique en amont et en aval des projets ;
- Etude, fourniture et installation d'équipements d'Énergie Renouvelable (EnR) ;
- Ingénierie et travaux ;
- Ventes et installations d'équipement d'économies d'énergies.

La démarche de SMART ENERGY se résume en 6 étapes :

1. Une visite technique du patrimoine énergétique en vue d'une étude préliminaire mettant en exergue l'analyse des systèmes, les mesures ponctuelles, les préconisations, les prévisions d'économie, les taux de rentabilité, la valeur actuelle nette ;
2. Un audit énergétique pour une analyse technique détaillée du patrimoine énergétique ;
3. Un Système de mesurage avec installation d'équipements de mesures et répartitions par usage et par zone des données énergétiques ;
4. Une supervision via une Gestion Technique Centralisée pour faire le suivi des consommations en temps réel et historiés ;
5. La mise en œuvre des solutions techniques ;
6. L'enregistrement des premières économies.

Cette démarche respecte le protocole IPVMP (sur les mesures) et est conforme à la norme NF EN 16247 (audits énergétiques).

Des résultats allant jusqu'à 30% d'économie sur la consommation générale et 60% sur la consommation de certains usages ont été constatés.

SMART ENERGY propose également des solutions en énergie de sources renouvelables et met à disposition du matériel de nouvelles générations économiseur d'énergie.

Plusieurs entreprises de divers domaines d'activité ont adopté les solutions SMART ENERGY pour garantir leur performance énergétique.

Email entreprise : clients@smartenergy.ci

Site Web entreprise : www.smartenergy.ci

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

II. PRESENTATION GENERALE DU PROJET

Le site est un bâtiment résidentiel de niveau R+1 construit avec des containers et situé à Abidjan, dans la commune de Cocody/ riviera en zone non couverte par le réseau CIE.



Figure 1 Site du projet

Le raccordement électrique coutera au client 40 000 000 FCFA. L'intérêt du projet est donc de proposer une solution technique, fiable et à moindre coût.

Ce projet concerne la fourniture d'une centrale photovoltaïque en site isolé de ce bâtiment. Cette centrale sera installée chez M. RION suite à la demande suivante :

Voici mon besoin électrique pour l'étude solaire de la villa RION :

Climatisation : six climatiseurs pour une puissance totale de 16 530w.

- Chambres du rdc, équipement installé en faux plafond de sdb et groupe à l'arrière, 1250 w monophasé pour chaque machine, 2 lignes à tirer, protection 16 A et 6A.
- Salon rdc, équipement installés en fp des toilettes et cuisine, groupe de condensation à coté des autres, puissance 5070w en triphasé pour chaque machine, 2 lignes à tirer, protection 16 A et 6A
- Chambre étage, équipement installé en faux plafond de sdb, groupe au rdc dans la même zone que les autres, 3890 w triphasé pour chaque machine, 2 lignes à tirer, protection 16 A et 6A.

Ventilation :

- Un extracteur plafonnier dans les toilettes du RDC et 4 VMC pour chaque chambre.

Puissance inférieur à 250 w pour chacun d'eux.

Prévoir les appareillage standard d'une maison : une machine à laver, un frigo , un congélateur , four micro onde, fer repasser ...

Informations complémentaires :

Le chauffe eau sera solaire , le four et les plaques de cuisson seront gaz.

Les murs seront doublé avec 7 cm de laine de verre et le plafond avec 20 cm de laine de verre.

Figure 2 Demande du client

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

La fourniture du matériel et la pose sont assurées par la société Smart Energy.

III. CAHIER DE CHARGE DU PROJET

Il s'agit d'étudier et de proposer un système solaire photovoltaïque couplé à un générateur pour l'alimentation électrique de la résidence.

Données du projet : Intrants

- Lieu géographique : Cocody riviera/Abidjan
- Consommation journalière (bilan de puissance) :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Puissance appelé} = 32802 \text{ Wc} \\ \text{Energie consommée jour} = 11446 \text{ Wh} \\ \text{Energie consommée nuit} = 71083 \text{ Wh} \\ \text{Total energie} = 82525 \text{ Wh} \end{array} \right.$$

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

IV. ETUDE TECHNIQUE DU PROJET

L'étude technique que nous ferons dans ce cas consistera à effectuer un dimensionnement général pour déterminer les configurations, les quantités, les capacités de ces éléments nécessaires au bon fonctionnement de notre système hybride.

1. Présentation des données

- Données climatiques

Nom du site : Abidjan, Côte d'Ivoire.

Nous obtenons les données de la zone du projet sur le logiciel SOLARGIS, ci-après ces valeurs :

Tableau 1 Irradiation mensuel (source : SOLARGIS)

| Mois | G_{i_m} | G_{i_d} | D_{i_d} | R_{i_d} | Sh_{loss} |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| janv. | 156 | 5.02 | 3.22 | 0.01 | 0.3 |
| févr. | 147 | 5.23 | 3.25 | 0.01 | 0.2 |
| mars | 162 | 5.23 | 3.16 | 0.01 | 0.2 |
| avril | 155 | 5.18 | 2.85 | 0.01 | 0.2 |
| mai | 142 | 4.59 | 2.57 | 0.01 | 0.2 |
| juin | 110 | 3.67 | 2.42 | 0.01 | 0.3 |
| juil. | 115 | 3.72 | 2.55 | 0.01 | 0.3 |
| août | 113 | 3.64 | 2.58 | 0.01 | 0.3 |
| sept. | 118 | 3.95 | 2.59 | 0.01 | 0.3 |
| oct. | 146 | 4.70 | 2.69 | 0.01 | 0.2 |
| nov. | 153 | 5.08 | 2.93 | 0.01 | 0.2 |
| déc. | 152 | 4.91 | 3.15 | 0.01 | 0.3 |
| année | 1669 | 4.57 | 2.83 | 0.01 | 0.3 |

- ✓ Coordonnées : 05° 21' 19.38" N, 03° 57' 3.2'
- ✓ Altitude sur mer : 51 m
- ✓ Inclinaison du plan : 2°
- ✓ Azimut du plan : 258° ouest
- ✓ Irradiation annuelle sur le plan : 1684 kWh/
- ✓ Température annuelle moyenne à 2m. 25.8

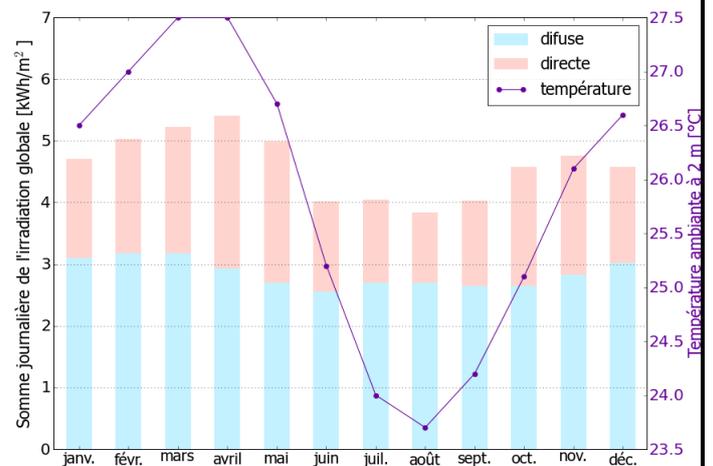
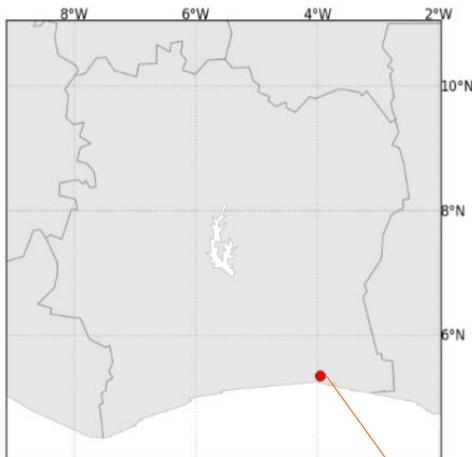


Figure 3 courbe du rayonnement

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE



Google Maps © 2019 Google

Figure 4 Localisation du site

Zone du projet

2. Bilan de puissance

Après enquête sur les lieux du projet nous obtenons le bilan de puissance suivant :

Tableau 2 Bilan de puissance

| Questionnaire pour le dimensionnement et l'étude de votre installation : Système photovoltaïque | | | | | | | | |
|--|------------------|----------------|--------------------------|------------------------------------|------|------------------------|--------|-----------------------------|
| Client : | | Etude | Abidjan-/ Cocody | | | | | |
| Contact : (+225) | | Email : | | | | | | |
| Etudes des consommations électriques - BILAN ENERGETIQUE | | | | | | | | |
| N° | Types d'appareil | Qté | Puissance électrique (W) | Temps moyen d'utilisation (h/Jour) | | Consommation (Wh/jour) | | puissance en simultanée (W) |
| | | | | JOUR | NUIT | JOUR | NUIT | |
| 1 | Climatisation | | | | | - | 63 900 | |

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

| | | | | | | | | |
|----------|-----------------------------|---|-------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
| | Chambre de RDC | 2 | 1 250 | - | 5,0 | - | 12 500 | 2 500 |
| | Salon RDC | 2 | 5 070 | - | 2,0 | - | 20 280 | 10 140 |
| | Chambre étage | 2 | 3 890 | - | 4,0 | - | 31 120 | 7 780 |
| | | | | | | - | - | - |
| 2 | Ventillation | | | | | 515 | 515 | |
| | | | | | | | | |
| | Extracteur d'air | 1 | 29 | 0,5 | 0,5 | 15 | 15 | 29 |
| | VMC | 4 | 250 | 0,5 | 0,5 | 500 | 500 | 1 000 |
| | | | | | | | | |
| 3 | Electroménagers | | | | | 4 575 | 3 675 | |
| | | | | | | | | |
| | Congelateur | 1 | 200 | 5,0 | 5,0 | 1 000 | 1 000 | 200 |
| | Frigo 300 litres | 1 | 200 | 5,0 | 5,0 | 1 000 | 1 000 | 200 |
| | TV LED 55" salon RDC | 1 | 150 | 5,0 | - | 750 | - | 150 |
| | TV LED 43" CHBRE | 1 | 100 | - | 5,0 | - | 500 | 100 |
| | Decodeur canal RDC | 1 | 35 | 5,0 | - | 175 | - | 35 |
| | Decodeur canal CHBRE | 1 | 35 | - | 5,0 | - | 175 | 35 |
| | Fer à repasser | 1 | 2 000 | 0,5 | - | 1 000 | - | 2 000 |
| | Microonde | 1 | 2 000 | 0,25 | 0,25 | 500 | 500,0 | 2 000 |
| | Mixeur | 1 | 600 | 0,25 | - | 150 | - | 600 |
| | Cafetière | 1 | 2 000 | - | 0,25 | - | 500,0 | 2 000 |
| | | | | | | | | |
| 4 | Luminaires | | | | | 357 | 2 994 | - |
| | | | | | | | | |
| | cuisine moderne | 2 | 9 | 1,0 | 2,0 | 18 | 36 | 18 |
| | cuisine traditionnelle | 2 | 9 | 0,5 | 1,0 | 9 | 18 | 18 |
| | salle d'eau | 5 | 7 | 0,5 | 0,5 | 18 | 18 | 35 |
| | dressing | 1 | 12 | 0,5 | 0,5 | 6 | 6 | 12 |
| | chambres (2 ampoules/chbre) | 4 | 18 | 1,0 | 3,0 | 72 | 216 | 72 |
| | salons | 6 | 36 | 1,0 | 5,0 | 216 | 1 080 | 216 |
| | couloir maison | 2 | 18 | 0,5 | 3,0 | 18 | 108 | 36 |

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

| | | | | | | | | |
|---|--|---|-------|-----|-------|---------------|---------------|--------------|
| | tube LED extérieur | 7 | 18 | | 12,00 | - | 1 512 | 126 |
| | | | | | | - | - | - |
| 5 | Piscine | | | | | 6 000 | | - |
| | | | | | | | | - |
| | piscine | 1 | 6 000 | 1,0 | | 6 000 | - | 6 000 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | - | - | - |
| | | | | | | - | - | - |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 32 802,0 |
| | Total de toutes les puissances | | | | | 11 446 | 71 083 | |
| | Consommation quotidienne (Wh/Jour | | | | | 82 529 | | 82,53 |

De ce qui ressort de ce tableau, nous avons :

- ✓ La consommation d'énergie journalière évaluée est de **82 529 Wh** ;

3. Présentation des scénarios d'études

Avant de présenter les différents scénarios d'étude il convient d'évaluer la puissance crête nécessaire du Champs.

Pour ce faire, nous utilisons la formule :

$$Pc = \frac{Ec}{Ei * k}$$

Avec :

Pc : Puissance crête de l'installation

Ec: besoin journalier

Ei : ensoleillement mensuel

k : coefficient de performance

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

Nous obtenons donc ce tableau récapitulatif des différents puissances crêtes mensuelles :

Tableau 3 Estimation de la puissance crête

| Mois | Ec | Ei | k | Pc |
|-------|--------|------|------|-------|
| janv | 82,529 | 5,02 | 0,75 | 21,92 |
| fev | 82,529 | 5,23 | 0,75 | 21,04 |
| Mars | 82,529 | 5,23 | 0,75 | 21,04 |
| Avril | 82,529 | 5,18 | 0,75 | 21,24 |
| Mai | 82,529 | 4,59 | 0,75 | 23,97 |
| Juin | 82,529 | 3,67 | 0,75 | 29,98 |
| Juill | 82,529 | 3,72 | 0,75 | 29,58 |
| Aout | 82,529 | 3,64 | 0,75 | 30,23 |
| Sep | 82,529 | 3,95 | 0,75 | 27,86 |
| Oct | 82,529 | 4,7 | 0,75 | 23,41 |
| Nov | 82,529 | 5,08 | 0,75 | 21,66 |
| Déc | 82,529 | 4,91 | 0,75 | 22,41 |

Afin de faciliter la prise de décision du client, nous proposons plusieurs scénarios pour l'étude du besoin électrique :

Durant le mois d'Aout (moins ensoleillé), la puissance solaire nécessaire est de **30 kWc**. Avec cette puissance, on couvrirait la totalité des besoins du site. Néanmoins, une telle puissance reste surdimensionnée pour le reste de l'année.

Par contre, une puissance solaire de **25 kWc** est suffisante pour assurer les besoins électriques pendant les mois de Janvier à Mai et Octobre à Décembre (70% de l'année).

- ✓ Une solution est de conserver le champ photovoltaïque de 30 kWc et d'ajouter un groupe électrogène de 20 kVA juste pour les secours en cas d'absence de soleil. (**Scénario 1**)
- ✓ Une autre alternative est de proposer un générateur solaire photovoltaïque de 25 kWc et d'ajouter un groupe électrogène de 20 kVA comme une source d'appoint pour combler les besoins durant les mois de Janvier à Mai et de Novembre à Décembre. (**Scénario 2**)

Dans les deux cas, un parc de batterie est dimensionné pour 1 jour d'autonomie.

- ✓ Une troisième option est de proposer un système solaire de 13 kWc. Ce système permettra de couvrir en moyenne 50% des besoins électrique du site durant toute l'année.
Un groupe électrogène de 25 kVA permettra d'assurer l'appoint électrique. (**Scénario 3**)

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

Dans ce cas, un parc de batterie sera dimensionné pour couvrir 50% des besoins journaliers du client.

4. Simulation de production de l'installation proposée

L'étude de simulation technique que nous avons réalisée permet d'établir :

- ✓ La production prévisionnelle sur une année typique permettant d'évaluer la rentabilité du projet. (Estimation avec le logiciel SOLARGIS) ;
- ✓ Le bilan environnemental permettant d'évaluer la quantité de CO2 évité par an à l'issue du projet ;
- ✓ L'énergie d'appoint fournie par le groupe électrogène.

a. Scenario 1

Pour les résultats obtenus, nous avons utilisés les formules suivantes :

$$\bullet \text{ Besoin mois} = \text{Besoin journalier} * 30$$

Application :

$$\text{Besoin mois} = 82,529 * 30$$

$$\text{Besoin mois} = 2475,87 \text{ kWh}$$

$$\bullet \frac{Eel}{mois} = \text{Productible mensuel} * Pc$$

Il s'agit ici de l'énergie produite par le champ PV chaque mois.

$$\bullet \text{ Appoint} = \text{Besoins mois} - Eel/mois$$

Ici, il est question du complément qui devra être apporté par le générateur dans les cas où le champs PV ne peut pas assurer tous les besoins.

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

Tableau 4 Productible mensuel (Source: SOLARGIS)

| Mois | Es _m | Es _d | Et _m | E _{share} | PR |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-------------|
| janv. | 116 | 3.74 | 3.5 | 8.9 | 76.8 |
| févr. | 110 | 3.94 | 3.3 | 8.5 | 76.5 |
| mars | 124 | 4.01 | 3.7 | 9.6 | 76.3 |
| avril | 123 | 4.09 | 3.7 | 9.5 | 76.3 |
| mai | 116 | 3.74 | 3.5 | 8.9 | 76.9 |
| juin | 90 | 3.01 | 2.7 | 7.0 | 77.2 |
| juil. | 95 | 3.06 | 2.8 | 7.3 | 77.8 |
| août | 91 | 2.95 | 2.7 | 7.0 | 77.7 |
| sept. | 94 | 3.12 | 2.8 | 7.2 | 77.6 |
| oct. | 112 | 3.60 | 3.3 | 8.6 | 77.3 |
| nov. | 114 | 3.80 | 3.4 | 8.8 | 77.1 |
| déc. | 113 | 3.65 | 3.4 | 8.7 | 77.0 |
| année | 1298 | 3.56 | 38.9 | 100.0 | 77.0 |

Nous obtenons ainsi le tableau suivant pour le 1^{er} scénario :

Tableau 5 Evaluation des besoins mensuels 30kW

| Mois | Besoin mois (kwh) | Eel/mois | Appoint (kWh) | Carburant (Litre/mois) | Coût carburant /mois (FCFA) |
|---------------------|-------------------|----------------|---------------|------------------------|------------------------------|
| janv | 2475,87 | 3480,0 | | | |
| fev | 2475,87 | 3300,0 | | | |
| Mars | 2475,87 | 3720,0 | | | |
| Avril | 2475,87 | 3690,0 | | | |
| Mai | 2475,87 | 3480,0 | | | |
| Juin | 2475,87 | 2700,0 | | | |
| Juill | 2475,87 | 2850,0 | | | |
| Aout | 2475,87 | 2730,0 | | | |
| Sep | 2475,87 | 2820,0 | | | |
| Oct | 2475,87 | 3360,0 | | | |
| Nov | 2475,87 | 3420,0 | | | |
| Déc | 2475,87 | 3390,0 | | | |
| TOTAL ANNUEL | | 38940,0 | | | |

b. Scenario 2

Nous avons le tableau pour le productible suivant :

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

Tableau 6 Productible mensuel 25 kW

| Mois | Es _m | Es _d | Et _m | E _{share} | PR |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-------------|
| janv. | 120 | 3.86 | 3.0 | 9.3 | 76.6 |
| févr. | 112 | 4.00 | 2.8 | 8.7 | 76.4 |
| mars | 124 | 3.99 | 3.1 | 9.6 | 76.1 |
| avril | 119 | 3.96 | 3.0 | 9.2 | 76.3 |
| mai | 109 | 3.53 | 2.7 | 8.5 | 76.7 |
| juin | 85 | 2.82 | 2.1 | 6.6 | 76.9 |
| juil. | 90 | 2.89 | 2.2 | 7.0 | 77.5 |
| août | 88 | 2.83 | 2.2 | 6.8 | 77.5 |
| sept. | 92 | 3.06 | 2.3 | 7.2 | 77.4 |
| oct. | 113 | 3.64 | 2.8 | 8.8 | 77.2 |
| nov. | 118 | 3.92 | 2.9 | 9.2 | 76.9 |
| déc. | 117 | 3.78 | 2.9 | 9.1 | 76.8 |
| année | 1285 | 3.52 | 32.1 | 100.0 | 76.8 |

Pour le 2nd scénario nous obtenons le tableau suivant pour la simulation :

Tableau 7 Evaluation des besoins mensuels 25 kW

| Mois | Besoin mois | Eel/mois | Appoint (kWh) | Carburant (Litre/mois) | Coût carburant /mois (FCFA) |
|----------------------|-------------|----------|---------------|------------------------|-----------------------------|
| janv | 2475,87 | 3000,0 | | | |
| fev | 2475,87 | 2800,0 | | | |
| Mars | 2475,87 | 3100,0 | | | |
| Avril | 2475,87 | 2975,0 | | | |
| Mai | 2475,87 | 2725,0 | | | |
| Juin | 2475,87 | 2125,0 | 350,9 | | |
| Juill | 2475,87 | 2250,0 | 225,9 | | |
| Aout | 2475,87 | 2200,0 | 275,9 | | |
| Sep | 2475,87 | 2300,0 | 175,9 | | |
| Oct | 2475,87 | 2825,0 | | | |
| Nov | 2475,87 | 2950,0 | | | |
| Déc | 2475,87 | 2925,0 | | | |
| TOTAL ANNUUEL | | 32175,0 | | | |

c. Scenario 3

Concernant ce scénario, les résultats sont les suivants :

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

Tableau 8 Productible mensuel 13 kW

| Mois | Es _m | Es _d | Et _m | E _{share} | PR |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-------------|
| janv. | 116 | 3.74 | 1.5 | 8.9 | 76.8 |
| févr. | 110 | 3.94 | 1.4 | 8.5 | 76.5 |
| mars | 124 | 4.01 | 1.6 | 9.6 | 76.3 |
| avril | 123 | 4.09 | 1.6 | 9.5 | 76.3 |
| mai | 116 | 3.74 | 1.5 | 8.9 | 76.9 |
| juin | 90 | 3.01 | 1.2 | 7.0 | 77.2 |
| juil. | 95 | 3.06 | 1.2 | 7.3 | 77.8 |
| août | 91 | 2.95 | 1.2 | 7.0 | 77.7 |
| sept. | 94 | 3.12 | 1.2 | 7.2 | 77.6 |
| oct. | 112 | 3.60 | 1.5 | 8.6 | 77.3 |
| nov. | 114 | 3.80 | 1.5 | 8.8 | 77.1 |
| déc. | 113 | 3.65 | 1.5 | 8.7 | 77.0 |
| année | 1298 | 3.56 | 16.9 | 100.0 | 77.0 |

Tableau 9 Evaluation des besoins mensuels 13 kW

| Mois | Besoin mois | Eel/mois | Appoint/mois (kWh) | Carburant (Litre/mois) | Coût carburant /mois (FCFA) |
|----------------------|-------------|----------|--------------------|------------------------|-----------------------------|
| janv | 2475,87 | 1508,0 | 967,9 | | |
| fev | 2475,87 | 1430,0 | 1045,9 | | |
| Mars | 2475,87 | 1612,0 | 863,9 | | |
| Avril | 2475,87 | 1599,0 | 876,9 | | |
| Mai | 2475,87 | 1508,0 | 967,9 | | |
| Juin | 2475,87 | 1170,0 | 1305,9 | | |
| Juill | 2475,87 | 1235,0 | 1240,9 | | |
| Aout | 2475,87 | 1183,0 | 1292,9 | | |
| Sep | 2475,87 | 1222,0 | 1253,9 | | |
| Oct | 2475,87 | 1456,0 | 1019,9 | | |
| Nov | 2475,87 | 1482,0 | 993,9 | | |
| Déc | 2475,87 | 1469,0 | 1006,9 | | |
| TOTAL ANNUUEL | | 16874,0 | | | |

d. Synthèse des différents scénarios

Nous présentons ici un tableau synthétique des résultats. Après validation de l'offre technique et financière, une étude complémentaire plus détaillée sera réalisée par Smart Energy afin de confirmer la simulation de production définitive.

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

Tableau 10 Synthèse des résultats

| PRINCIPAUX RESULTATS DE LA SIMULATION DE PRODUCTION | | | |
|--|------------|------------|------------|
| | Scénario 1 | Scénario 2 | Scénario 3 |
| Puissance installée (kWc) | 30 | 25 | 13 |
| Production totale annuelle prévue (kWh) | 38 900 | 32 100 | 16 900 |
| Productible (kWh/kWc/an) | 1298 | 1285 | 1298 |
| Revente d'électricité annuelle prévue (FCFA), (base de 74,54 FCFA/ kWh) | 2 899 606 | 2 392 734 | 1 259 726 |
| ACTION POUR L'ENVIRONNEMENT | | | |
| Quantité de CO2 évitée /an (kg de CO2), (base de 0,445 t CO2/ MWh) | 17,31 | 14,28 | 7,52 |

NB :

Pour la quantité de CO2 évitée nous avons utilisé la formule :

$$\text{quantité de CO2} = 0,445 * \frac{\text{Production totale annuelle}}{1000}$$

Avec 0,445 la quantité de CO2 en tonne par MWh évité (source : RETSCREEN).

V. ASPECT FINANCIER

1. Cout d'exploitation lié à la consommation du groupe électrogène

Afin d'évaluer la performance économique des telle solutions, il convient de calculer la consommation de carburant du groupe électrogène.

● Hypothèse de calcul

Pour nos différents calculs nous utilisons les hypothèses suivantes :

- 615 FCFA le cout du litre du diesel
- Taux de charge du groupe : 75%
- Consommation du carburant : 4,95 l/h

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

Spécifications du moteur 1.500 r.p.m.

Powered by YANMAR

| SERVICE | | CONTINU | ESP |
|---|-------|-------------------------------------|-----|
| Puissance nominale | kW | 19,1 | 21 |
| Fabricant | | YANMAR | |
| Modèle | | 4TNV84TBGGEH | |
| Type de moteur | | Diesel 4 temps | |
| Type d'injection | | Directe | |
| Type d'aspiration | | turbocompressé | |
| Cylindres, nombre et disposition | | 4-L | |
| Diamètre x course | mm | 84 x 90 | |
| Cylindrée totale | L | 1,995 | |
| Système de réfrigération | | Liquide de refroidissement | |
| Spécifications de l'huile moteur | | SAE 3 class 10W30 / API grade CD,CF | |
| Ratio de compression | | 18,9 | |
| Consommation carburant ESP | l/h | 5,47 | |
| Consommation carburant à 100% PRP | l/h | 4,95 | |
| Consommation carburant à 75% PRP | l/h | 3,75 | |
| Consommation carburant à 50 % PRP | l/h | 2,72 | |
| Consommation d'huile à pleine charge | g/kWh | 0,27 | |
| Quantité d'huile maximum | L | 7,4 | |
| Quantité totale de liquide de refroidissement | L | 5,8 | |
| Régulateur | Type | Mécanique | |
| Filtre à air | Type | Sec | |
| Diamètre intérieur de tuyau d'échappement | mm | 34,7 | |

Figure 5 Informations sur le groupe électrogène

● **Calculs**

$$\text{cout du carburant mensuel} = \text{appoint mensuel} * \left(\frac{\text{consommation du carburant}}{\text{puissance du groupe}} \right) * \text{cout du litre}$$

On obtient alors le tableau suivant :

PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE

Tableau 11 Consommation du groupe électrogène

| CONSOMMATION DU GROUPE ELECTROGENE | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| MOIS | Scénario 1 | | Scénario 2 | | Scénario 3 | |
| | Appoint/mois (kWh) | Carburant/mois (FCFA) | Appoint/mois (kWh) | Carburant/mois (FCFA) | Appoint/mois (kWh) | Carburant/mois (FCFA) |
| Janvier | - | | - | | 968 | 186 013 |
| Février | - | | - | | 1046 | 201 003 |
| Mars | - | | - | | 864 | 166 025 |
| Avril | - | | - | | 877 | 168 523 |
| Mai | - | | - | | 968 | 186 013 |
| Juin | - | | 351 | 66 758 | 1306 | 250 972 |
| Juill | - | | 226 | 42 975 | 1241 | 238 480 |
| Aout | - | | 276 | 52 489 | 1293 | 248 473 |
| Sept | - | | 176 | 33 462 | 1254 | 240 978 |
| Oct | - | | - | | 1020 | 196 006 |
| Nov | - | | - | | 994 | 191 009 |
| Déc | - | | - | | 1007 | 193 508 |
| TOTAL/an | 0 | 0 | 1 028 | 195 684 | 12 836 | 2 467 003 |

2. Cout global des différents scénarios

Pour les différentes solutions nous obtenus les couts globaux suivants :

Tableau 12 Analyse comparative des trois solutions

| ANALYSE COMPARATIVE EN COUT GLOBAL DES 3 SOLUTIONS | | | |
|--|---------------------------------|---|---|
| ESTIMATION DES COUTS (FCFA) | Scénario 1 | Scénario 2 | Scénario 3 |
| | Couvre 100% des besoins annuels | Couvre 70% des besoins annuels, les 30% sont couverts par le GE | Couvre 50% des besoins annuels, les 50% sont couverts par le GE |
| Champ PV | 49 097 052 | 42 666 628 | 27 703 098 |
| Groupe électrogène | 9 343 479 | 9 343 479 | 10 745 001 |
| Exploitation (carburant) | - | 195 842 | 2 467 003 |
| TOTAL/an | 58 440 531 | 52 205 949 | 40 915 102 |

Les solutions 2 et 3 semblent être les plus adaptées d'un point de vue économique. Cependant, il convient au client d'opérer un choix selon ses possibilités.

VI. PROCHAINE ETAPE

Après la réalisation de cette offre commerciale, les étapes suivantes sont :

- Validation du scénario,
- Études techniques de validations ;

**PROPOSITION TECHNIQUE ET FINANCIERE – SOLUTION D'ENERGIE SOLAIRE
PHOTOVOLTAIQUE**

- Inventaire complet des fournitures ;
- Plans et descriptifs des travaux ;
- Budgets définitifs ;
- Plannings ;
- Réalisation du projet.

N'ayant effectué qu'un stage de 1 mois, je ne pourrai pas participer aux prochaines étapes.

CONCLUSION

Notre étude nous a amener dans un premier temps à dresser un état des besoins énergétiques journaliers des récepteurs concernés par l'étude.

Dans un second temps, il a fallu il a fallu dimensionner le système hybride (PV+GE) en formulant plusieurs hypothèses et en établissant différents scénarios.

Puis il s'en est suivi une estimation du cout global d'investissement selon les différents scénarios. La puissance crête installée varie selon les différents scénarios de même que l'énergie électrique produite par an.

Cette étude, une fois réalisée sera une solution d'approvisionnement en électricité du site étudié. Toutefois nous avons constaté que les couts d'investissement restent supérieurs au 40 millions prévu par le client. Cela s'explique par le fait que les éléments constitutifs d'une installation PV sont généralement couteux. Cependant force est de constater que le retour sur investissement est nettement plus intéressant.

Les systèmes photovoltaïques en général, en plus d'être d'entretien facile, sont une alternative pour la réduction des gaz à effet de serre.

ANNEXES