



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

LES SYSTEMES ENERGETIQUES A USAGE PRODUCTIF PAR LA
TECHONOLOGIE PHOTOVOLTAIQUE.

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER SPECIALISE EN GENIE ELECTRIQUE,
ENERGETIQUE ET ENERGIE RENOUVELABLE
OPTION : ENERGIES RENOUVELABLES**

Présenté et soutenu publiquement le 25/10/2011 par Euphraïm S.DADE

Travaux dirigés par :

Zacharie KOALGA Enseignant au 2IE
Maître de mémoire

Jury d'évaluation du stage :

Président : COLLARD Xavier

Membres et correcteurs :

-YAMEGEUE Daniel
-GOUNDIAM Madi

Promotion [2010/2011]

CITATIONS

Le développement des énergies renouvelables constitue un enjeu majeur pour les pays en voie de développement. Les ER en particulier l'énergie solaire photovoltaïque peut être un potentiel levier de lutte contre la pauvreté, en particulier en milieu rural, contribuant ainsi à l'amélioration de la qualité de vie et au développement durable.

Euphraïm S. DADE

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

REMERCIEMENTS/ DEDICACES

Mes sincères remerciements à tous ceux qui contribué d'une façon ou d'une autre à la conception de ce mémoire.

En particulier, mon maître de mémoire Monsieur **Zacharie KOALAGA**, Enseignant au 2IE pour son soutien et son accompagnement lors de la rédaction de ce document.

Ainsi qu'aux Messieurs **Boniface AHO** et **Raymond AZOPKOTA**, respectivement Consultant PDV à Mise Sarl et Coordonnateur de GERES Bénin, pour leur disponibilité dans l'élaboration de ce document.

A Monsieur **Aristide DADE**, Ingénieur énergétique, je présente mes sincères remerciements.

Je remercie également :

- Tous les camarades de la promotion 2010/2011 de Master 2 GEER, en particulier Messieurs **Dimitri CHINCOUN**, **Victorin YEHOUENOU**, **Eric AGBANGBATIN** et **Claudius E. EDOUN** pour leur sympathie.
- Tous les Enseignants de 2IE, pour leur encadrement durant cette formation.
- Les responsables pédagogiques et les coordonnateurs Monsieur **Koné TOFANGUY** et **Madame Sylvie OUEDRAOGO** respectivement Chef du Service de la formation à distance et Coordonnatrice de la filière du Master spécialisé M2 GEER ;

Je dédie ce mémoire à :

- Ma mère **Pauline DAGBEDE** pour son dévouement, ses sacrifices et l'amour du travail bien fait qu'elle a su m'inculquer,
- Mon cher regretté père, **Noël DADE** de qui j'ai hérité courage et persévérance,
- Mon épouse **Clarisse HOUNSOU-DOH**, ma fille **Hospicia DADE** pour leur soutien tout au long de la rédaction de ce mémoire.

Euphraïm. DADE

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

RESUME

Le Bénin dispose d'importantes potentialités en matière d'énergies renouvelables. Malgré ces potentialités, le taux d'électrification se situe environ à 51,8% en milieu urbain et moins de 3% en milieu rural. La valorisation de l'énergie solaire apparaît comme une solution pour sortir le monde rural de la précarité.

C'est dans cette optique que la présente étude se propose de contribuer à cette lutte contre la pauvreté en milieu rural à travers le thème « **Les services énergétiques à usage productif selon la technologie photovoltaïque** »

L'objectif de cette étude, est d'évaluer les effets des systèmes photovoltaïques sur le développement socio-économique et de contribuer à élargir leur portée. Cette étude a permis d'identifier les activités génératrices de revenus issues de la technologie photovoltaïque, de faire le dimensionnement des services énergétiques identifiés, d'étudier la rentabilité des AGR et de montrer que les systèmes PV peuvent être installés par un microfinancement.

Les résultats de notre étude révèlent que la technologie photovoltaïque est génératrice de revenus, engendre des activités rentables améliorant ainsi les conditions de vie des populations rurales.

Pour la généralisation de ces technologies dans les zones rurales, il faut une subvention de l'Etat, l'intervention du secteur privé et des institutions de microfinance pour faciliter l'acquisition des systèmes photovoltaïques.

Mots Clés :

-
- 1 –énergie renouvelable
 - 2 – microfinance
 - 3 - Développement durable
 - 4 – Activités génératrices de revenus
 - 5 – rentabilité financière

ABSTRACT

Benin has significant potential in renewable energy. Despite this potential, the electrification rate is approximately 51.8% in urban areas and less than 3% in rural areas. The value of solar energy appears to be a way out of the rural insecurity.

With this in mind that this study is to contribute to the fight against poverty in rural areas around the theme of "energy services to productive use as photovoltaic technology".

The objective of this study is to evaluate the effects of PV on the socio-economic development and help expand their reach. This study identified the income generation from photovoltaic technology, to do the design of energy services identified and to study the profitability of AGR.

The results of our study show that photovoltaic technology is generating income, generates profitable business and improving the living conditions of rural populations.

For the generalization of these technologies in rural areas, we need a state subsidy, the intervention of the private sector and microfinance institutions to facilitate the purchase of photovoltaic systems.

Key words:

-
- 1 - Renewable energy.
 - 2 – Microfinance.
 - 3 - Sustainable development.
 - 4 - Income generating activities.
 - 5 – Financial Profitability.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

LISTE DES ABREVIATIONS

ABERME : Agence Béninoise d'Exécution pour l'Electrification Rurale et la Maîtrise de L'Energie.

ABEED : Association Béninoise pour l'Eveil et le Développement.

AGR : Activités Génératrices des revenus.

CERER : Centre de Recherche en Energies Renouvelables.

CISE : Centre d'Initiation aux Services énergétiques.

CNUCED : Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement.

ER : Energie Renouvelable.

GERES : Groupe Energies Renouvelables, Environnement et Solidarités.

RGPH3 : 3^{ème} recensement général de la population et de l'habitat.

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

M2GEER : Master 2 en Génie Energétique et Energies Renouvelables.

MEE : Ministère de l'Energie Electrique.

OMD : Objectif du Millénaire pour le Développement.

ONG : Organisation non gouvernementale.

PMA : Pays Moins Avancés.

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement.

PV : Photovoltaïque.

SBEE : Société Béninoise d'Energie Electrique.

SETUP : Service Energétique et Technique à usages Productifs.

TRI : Taux de Rentabilité Interne.

VAN : Valeur Actuelle Nette.

SOMMAIRE

I.	Introduction.....	5
II.	Hypothèses de travail et/ou Objectifs du travail.....	8
	2.1-Objectifs du travail.....	8
	2.1.1-Objectif général	8
	2.1.2-Objectifs spécifiques.....	8
	2.2. Questions de recherche.....	8
	2.3-Hypothèses de travail.....	8
III.	Matériels et Méthodes.....	9
	3.1.Milieu d'étude.....	9
	3.1.1 Brève présentation du département du Zou.....	9
	3.1.2 Environnement physique des villages enquêtés.....	9
	3.1.3 Environnement socio-économique des villages.....	9
	3.1.4 Etat de couverture par le réseau SBEE et le réseau GSM des villages	10
	3.2 Méthode.....	12
	3.3 Suivi d'exploitation.....	14
	3.4 Etude de faisabilité financière du projet.....	14
IV.	Résultats	16
	4.1 Services énergétiques identifiés.....	16
	4.1.1 Recharge portable.....	16
	4.1.2 Service de froid.....	18
	4.2 -Dimensionnement des systèmes.....	18
	4.2.1 Dimensionnement du kit de recharge de batterie de portables.....	18
	4.2.2- Description et dimensionnement du kit congélateur.....	20
V.	Discussion et Analyses.....	24
	5-1 Analyse des services énergétiques rendus.....	24
	5.2 Analyse économique des services.....	29
	5.2.1. Rentabilité du service de recharge de portable avec subvention.....	29
	5.2.2. Rentabilité du service de recharge de portable sans subvention.....	30

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

VI.	Conclusion.....	34
VII.	Recommandations et Perspectives.....	35
VIII.	Bibliographie.....	36
IX.	Annexes	38

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Distance entre les villages et les arrondissements.

Tableau N°2 : Population des villages.

Tableau N°3 : Etat de la couverture du réseau SBEE des villages.

Tableau N°4 : Etat de la couverture du réseau GSM des villages.

Tableau N°5 : Synthèse des services solaires.

Tableau N°6 : Besoins en service de recharge de portables.

Tableau N°7 : Populations bénéficiant des kits de recharge de portable.

Tableau N°8 : Populations bénéficiant de kit de congélation.

Tableau N°9 : Dimensionnement d'un kit de recharge de portable.

Tableau N°10: Synthèse du dimensionnement du service de recharge.

Tableau N°11 : Dimensionnement du kit de réfrigération.

Tableau N°12 : Synthèse du dimensionnement du kit de réfrigération.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

LISTE DES FIGURES

Figure N°1 : Taux de ceux qui souhaitent l'accessibilité du système photovoltaïque par un crédit.

Figure N°2 : Photo du kit de recharge

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

I. INTRODUCTION

L'accès à l'énergie est l'un des principaux défis à surmonter pour le développement des peuples. En Afrique subsaharienne, seule une proportion infime de la population peut accéder aux énergies modernes, notamment l'électricité. Cela freine durablement le développement économique.

Pour atteindre les Objectifs du Millénaire pour le Développement dans le secteur de l'énergie, un accent particulier a été mis sur le développement des énergies renouvelables pour porter le taux d'électrification, qui est d'environ 3% à ce jour en milieu rural, à 50% à l'horizon 2025. Aujourd'hui, la situation de la fourniture des services énergétiques aux populations n'est pas reluisante, surtout en zones isolées et enclavées où moins de 3% des ménages bénéficient de l'électricité avec un taux de desserte d'environ 6%.¹

Le BENIN classé par le PNUD en 2004 parmi les PMA ne fait pas exception à la règle. Sa superficie est de (114763Km² pour une population de 8931000 Habitants)² avec une majorité de ruraux (61% de population contre 39% d'urbains)³.

Les options visant à accroître l'accès à l'électricité dans les pays en développement se concentrent surtout sur l'augmentation de l'énergie produite à partir des combustibles fossiles comme le pétrole, le gaz et le charbon, en étendant le réseau électrique. Mais cette approche comporte peu d'avantages pour les pauvres en milieu rural. L'extension du réseau dans ces zones est soit impossible à réaliser, soit trop coûteux.

Le Bénin à l'instar de la plupart des pays africains, s'est engagé dans l'élaboration et la mise en œuvre de politiques conformes aux OMD et cela dans la dynamique d'assurer l'accès à l'électricité à tous en diversifiant les sources d'énergies en faisant appel à la biomasse et aux énergies renouvelables (l'énergie solaire). Ces politiques sont nécessaires pour atteindre les OMD et réduire la proportion des personnes vivant dans la pauvreté d'ici 2015⁴.

L'énergie solaire est l'une des énergies renouvelables à moindre coût. Elle contribue à la réduction de la pauvreté, réduction des factures d'électricité et de protections de l'environnement.

¹. <http://www.afriqueavenir.org/07/04/2011>

². <http://www.gouv.bj/spip.php?rubrique27/20/07/2011>

³. <http://www.bj.undp.org/fr/lebenin.html>

⁴ MEE,(2009).Stratégie pour la fourniture d'Énergie nécessaire pour l'attente des OMD au Bénin.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Le monde en général et en particulier le Bénin traverse une crise énergétique due à une flambée du coût du pétrole, aux changements climatiques et à une demande très forte. Le Bénin dispose d'importantes potentialités en matière d'énergies renouvelables, mais l'accès aux services énergétiques de base que constitue la chaleur nécessaire à la cuisson, l'éclairage, la force motrice, la communication et la réfrigération reste très difficile surtout en milieu rural. Par ailleurs, le besoin électrique du Bénin s'accroît au quotidien, l'unique société en charge de la distribution de l'énergie électrique (SBEE) ne parvient pas à combler les attentes de la population.

Il y a donc un besoin évident de trouver des moyens d'améliorer l'accès à l'électricité dans le monde en développement, qui soient avantageux pour les pauvres.

Le potentiel en biomasse valorisable pour produire l'énergie est très important. D'après les études de gisement solaire, les moyennes mensuelles d'irradiation journalière sont estimées à « 3,9 kWh/m²/j du sud au nord pour un ensoleillement de 4,5-6 h/j. »⁵

Malgré ces potentialités au plan, énergétique, le taux d'électrification se situe environ à 51,8% en milieu urbain et moins de 3 % en milieu rural⁶.

Les énergies renouvelables, notamment l'énergie solaire, participe à la résolution des problèmes d'accès à l'électricité des communautés rurales. L'accès à l'énergie constitue un élément essentiel dans toute stratégie de développement durable des zones rurales et périurbaines. Dans ce contexte, la valorisation de l'énergie solaire disponible apparaît comme une solution à la crise en énergie électrique et permet de créer des services énergétiques à usages productifs qui sont des sources d'activités génératrices de revenus.

Un des moyens de pallier ces carences en milieu rural a donc été de proposer un accès à des services énergétiques par la technologie photovoltaïque. C'est dans ce sens que, l'ONG GERES a choisi d'appuyer son expertise afin d'offrir une solution concrète, structurée et complète favorisant l'autonomie énergétique et par entraînement le développement économique des populations du département du Zou.

Pour identifier les intérêts qu'accorde la population à l'énergie solaire PV notamment le volet productif et ses impacts sociaux et économiques, nous nous sommes proposés de mener une étude sur le thème : « **Les services énergétiques à usage productif selon la technologie photovoltaïque** ».

A travers ce thème nous nous intéressons au milieu rural où la population vit dans une

⁵ www.helio-international.org/VARBenin.fr.pdf 01/10/2011

⁶ <http://www.infosdelaplanete.org/5731/villages-solaires-du-benin.html> 13/06/2011

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

précarité sans nom, malgré sa contribution au développement de la nation. Aujourd'hui,

l'énergie solaire PV apporte des services énergétiques énormes aux populations vivant en zones rurales leur facilitant ainsi la vie en améliorant des conditions de vie. Elle sert à promouvoir des activités économiques en améliorant les revenus des ménages ruraux. Cette recherche permettra d'identifier l'importance, les avantages et les enjeux socio-économiques de l'énergie solaire en milieu rural.

Une étude bibliographique nous a permis de prendre connaissance d'une mémoire online présenté par Jullie BOBEE dont le thème est : « **L'électrification rurale par l'énergie solaire. Etude de cas du Bénin** » en vue de l'obtention du grade de Master en Sciences de la population et du Développement à l'Université LIBRE de BRUXELLES en 2010. Il a, à travers son mémoire souligné les avantages et inconvénients du solaire en milieu rural. A travers ce mémoire, Jullie BOBBIE a relaté les efforts fournis par le gouvernement béninois (L'ABERME) et les ONG pour augmenter le taux d'électrification particulièrement en milieu rural. Il a répertorié les problèmes qui ralentissent l'accès des villages à l'énergie solaire et faire des suggestions pour que cette énergie soit pérenne en milieu rural.⁷

Notre étude s'articule autour de :

- Le but de la recherche, la question de recherche et les hypothèses de recherche.
- Les Matériels et Méthodes qui s'articulent autour de trois parties:
 - La première partie consiste à faire un état des milieux, notamment des villages de la commune de Zogbodomey qui ont été choisi comme échantillon. Ces villages ont bénéficié du Projet GERES dans le cadre de la mise en œuvre du volet solaire du programme SETUP.
 - La dernière partie s'appuie sur une recherche de terrain avec la visite de villages les plus éloignés des chefs lieux ayant bénéficié des services énergétiques par la technologie photovoltaïque, et des enquêtes réalisées auprès des habitants.

Ensuite suivront :

- Les résultats des enquêtes, la partie discussion et analyse des résultats.
- Recommandations, Perspectives et réflexion.

⁷ Jullie BOBEE (2010) Mémoire Online « **L'électrification rurale par l'énergie solaire. Etude de cas du Bénin** » en vue de l'obtention du grade de Master en Sciences de la population et du Développement à l'Université LIBRE de BRUXELLES

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

I. II. HYPOTHESE DE TRAVAIL ET OBJECTIFS DU TRAVAIL

2.1 Hypothèses de travail

Il existe une possibilité de développer les activités génératrices de revenus par la technologie photovoltaïque. (Hypothèse 1)

Les AGR sont rentables par l'utilisation de la technologie photovoltaïque et peuvent se développer sans subvention. (Hypothèse2)

2.2-OBJECTIFS DUTRAVAIL

2.2.1-Objectif général

L'objectif général de notre projet est d'évaluer les effets des systèmes photovoltaïques sur le développement socio-économique et de contribuer à élargir leur portée dans les milieux ruraux.

2.2.2 Objectifs spécifiques

- Identifier les AGR pouvant être générées par la technologie photovoltaïque.
- Dimensionner les services énergétiques identifiés.
- Faire le suivi d'exploitation des services mis en place et étudier la rentabilité.

2.3 Question de recherche

L'énergie solaire n'est –elle pas une solution pour promouvoir les activités génératrices en milieu rural afin de réduire la précarité ?

III. MATERIELS ET METHODES

3.1 Milieu d'étude

Quatre communes de Zou ont été choisies comme échantillon pour la réalisation de la pré-enquête. Ces quatre communes ont été choisies parmi les sept communes rurales du Zou, précisément les villages les plus éloignés des chefs lieux d'arrondissements notamment ceux qui n'ont pas la chance d'être électrifiés dans les cinq prochaines années.

La sélection a été réalisée avec la base de données des projets d'électrification rurale de l'ABERME.

3.1.1 Brève présentation du département du zou

Le département du Zou qui se situe au centre du Bénin, regroupe neuf communes dont deux urbaines (Abomey et Bohicon) et sept rurales que sont Agbangnizoun, Covè, Djidja, Ouinhi, Za-Kpota, Zagnanado et Zogbodomey. Ce département partage ses frontières avec le département des Collines (commune de Dassa) au nord et au sud avec le département de l'atlantique. Il est limité à l'ouest par le département du Couffo et à l'est par celui du Plateau. (Annexe 1)⁸. La commune d'Abomey (capitale historique du Bénin) est le chef lieu du département du Zou. Les neuf communes du département du Zou totalisent une population de près de 650.000 habitants sur une superficie totale de 5243 Km² (RGPH3).

Les principales activités de la population active de ce département sont l'agriculture, les transformations agro-alimentaire, le commerce, l'artisanat (aussi bien de production que de service). A ces activités s'ajoutent une vague importante de fonctionnaires et des transporteurs. Malgré l'étendue de ce département ainsi que les besoins en équipements énergétiques des populations surtout pour leurs activités, le département du Zou a un faible taux d'électrification.

3.1.2 Environnement physique des villages enquêtés

Nous avons choisi les villages éloignés des chefs lieux d'arrondissements et de communes. Ainsi sur les huit villages de l'échantillon, seulement deux sont chefs lieux d'arrondissements (Gobaix et Koussoukpa) et leurs arrondissements sont bien éloignés des chefs lieux de communes. Le choix de ces deux chefs lieux d'arrondissements se justifie par

⁸ http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Zou_communes.png.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

le fait qu'ils sont généralement considérés comme des « laisser pour compte » de la commune vue leur position géographique. La distance moyenne entre les villages d'étude et leurs chefs d'arrondissements est d'environ 6km pendant que la distance moyenne entre ces villages et les chefs lieux de communes est de 18Km (Cf. tableau 1)

Tableau N°1 : Distance entre les villages et les arrondissements.

Commune	Arrondissement	Nom du village	Distance Arrondissement et commune	Distance village et chef lieu arrondissement	Distance Village et Chef lieu commune
Ouinhi	Tohouè	Midjanagan	21	14	35
	Dasso	Agonkon	12	7	19
Za-kpota	Allahé	Dogbanlin	15	3	18
	Za-kpota	Dètèkpa	0	7	7
Djidja	Gobaix	Gobaix	11	0	11
	Monsourou	Kakatehou	12	8	20
Zogbodomey	Zoukou	Hlanhonou	9	8	7
	Koussoukpa	Koussoukpa	22	0	22

3.1.3 Environnement socio-économique des villages

L'agriculture, l'élevage, les transformations agro-alimentaires, l'artisanat et le commerce sont les principales occupations des populations actives de tous les villages enquêtés.

Ces villages ont très vite connu des installations successives et un accroissement démographique galopant de sorte que chacun a actuellement au moins 4 hameaux/quartiers pour une population adulte (âgée de plus de 18ans) moyenne de près de 2000 habitants.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Tableau N°2 : Population des villages.

Nom du village	Population	Ethnie Majoritaire	Nombre de Hameaux
Agonkon	700	Mahi	7
Dogbanlin	1 705	Fon	4
Dètèkpa	3 458	Fon	5
Gobaix	475	Fon	5
Kakatehou	5 300	Fon	6
Hlanhonou	1 000	Fon	5
Koussoukpa	900	Fon	8

Source : Avant dernier recensement

3.1.4 Etat de couverture par le réseau SBEE et réseau GSM des villages.

En matière de couverture en électricité conventionnelle, signalons qu'aucun des villages enquêtés n'est ni couvert ni traversé par le réseau SBEE. Les localités les plus proches abritant des installations SBEE sont situées à des kilomètres (5 pour la plus proche et 22 pour la plus lointaine) avec une moyenne de 12 km. En effet dans ces villages on compte au moins un réseau GSM fonctionnant correctement. Certains en ont jusqu'à trois. Remarquons que le réseau GSM le plus présent est MTN suivi de MOOV et de GLO.

Tableau N°3 : Etat couverture réseau SBEE des villages.

Nom du village	Population	Electrifié	Nom de la localité
Midjanagan	1500	Non	Bonou
Agonkon	700	Non	Bonou
Dogbanlin	1705	Non	Za-kpota
Dètèkpa	3458	Non	Za-kpota
Gobaix	475	Non	Dan
Kakatehou	5300	Non	Djidja
Hlanhonou	1000	Non	Zogbodomey
Koussoukpa	900	Non	Zogbodomey

Tableau N° 4 : état de couverture réseau GSM des villages⁹

⁹ CHINCOUN Dimitri & TOHINLO Peggy.(2009), Enquête PARIER-SETUP

Villages	Abonnés GSM	% Réseau GSM				
		LIBERCOM	MOOV	MTN	BBCOM	GLO
Midjanangan	600	0%	0%	100%	0%	0%
Agonkon	630	0%	5%	85%	0%	10%
Dogbanlin	512	0%	75%	8%	5%	13%
Dètèkpa	1296	0%	20%	50%	5%	25%
Gobaix	120	0%	15%	75%	0%	10%
Kakatehou	2385	0%	30%	65%	0%	5%
Hlanhonou	750	0%	65%	35%	0%	0%
Koussoukpa	450	0%	30%	60%	0%	10%

3.2 Méthodes

Au cours de notre étude, nous avons pris connaissance du rapport de la pré-enquête effectué avant la réalisation du projet. Notre enquête s'est déroulée lors de la phase de réalisation du projet. La pré-enquête solaire est constituée de deux grandes phases décomposées en modules. Ainsi la première phase de cette pré-enquête est faite d'assemblée villageoise et a permis non seulement de faire le point des équipements /outils de travail des artisans pouvant utiliser la technologie photovoltaïque ainsi que les contraintes et opportunités liées à la dite technologie.

La 2ème phase a été faite par des entretiens semi-structurés avec des focus groupes. Ainsi, cette phase consiste à faire le point des équipements/outils de travail des artisans de ces villages et à identifier les services et les activités génératrices de revenus liées à ces services pouvant utiliser la technologie photovoltaïque.

Au total, cette pré-enquête solaire a été faite d'assemblée villageoise et des discussions de groupes (focus group), toutefois, il n'y a pas eu d'enquête individuelle.

Après la phase de réalisation du projet suivra l'enquête qui consistera à administrer une fiche d'enquête individuelle (en annexe II) aux bénéficiaires des systèmes photovoltaïques. La démarche consistera à retenir au nombre des villages les plus éloignés des chefs lieu de commune, trois villages par type de service identifié. Ensuite suivra les dimensionnements de ces services.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Ainsi les villages de Setto, Allahé et de Ougbégamey sont choisis pour le service de recharge de portable, les villages de Passagon, Gnanli et Hlanhonou sont choisis pour le service de réfrigération.

3.3 Suivi d'exploitation

Sur la base des cahiers d'exploitation détenus par les exploitants des systèmes PV, nous avons fait un suivi pendant deux mois. En fonction des recettes et des dépenses nous prouverons la rentabilité du service de recharge de portables et du service de réfrigération en milieu rural.

3.4 Etude de faisabilité financière du projet

Il s'agit de collecter les coûts unitaires des équipements à acheter dans le cadre de ce projet et de calculer la VAN et le TRI afin d'apprécier la rentabilité financière du projet.

Les données techniques suivantes sont utilisées :

- durée de vie des équipements ;
- le taux d'actualisation admis sur le marché (10%) ;
- les investissements à consentir sur l'ensemble de la durée de vie de l'unité de production et évaluée par année ;
- les recettes annuelles ;
- les dépenses d'exploitation par année ;

Formules

$$VAN = - I_0 + \frac{CF_1}{(1+i)^1} + \frac{CF_2}{(1+i)^2} + \frac{CF_k}{(1+i)^k} + \dots + \frac{CF_n}{(1+i)^n}$$

Où :

(i): taux d'actualisation

(n) : durée de vie de l'investissement

CF_j : cash flow à l'année j

La VAN donne une première orientation sur la rentabilité de l'investissement.

Le deuxième critère d'évaluation utilisé est le taux de rentabilité interne du projet (TRI).

Le TRI est la valeur du taux d'actualisation pour laquelle la VAN est nulle.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Il est le taux d'actualisation pour lequel l'Investissement I_0 est égal à la somme des cash-flows actualisés générés par cet investissement.

On le calcule par la formule suivante:

En posant $TRI = i$, on a :

$$-I_0 + CF_1(1+i)^{-1} + CF_2(1+i)^{-2} + CF_3(1+i)^{-3} + \dots + CF_n(1+i)^{-n} = 0$$

Soit :
$$-I_0 + \sum_{k=1}^n CF_k(1+i)^{-k} = 0$$

Dans la pratique on le détermine par interpolation linéaire entre les correspondants à une VAN négative et une VAN positive ou par la méthode de Solveur. ¹⁰

¹⁰ Frédéric TRAORE Enseignant d'Economie, de Gestion et de Management (2010) Cours de GESTION FINANCIERE 2 IE

IV.RESULTATS

Compte tenu de l'aspect économique du projet, seuls les services à usage productif générant des activités génératrices de revenus ont été pris en compte lors des enquêtes. Les trois services qui ont fait l'objet de notre projet sont : la recharge de portable, l'éclairage d'atelier et le service de froid.

4.1 Services énergétiques identifiés

Les services identifiés sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° 5 : Synthèse des services solaires.

Services	Groupes cibles	Activités concernées	Equipements
Recharge de téléphone portable et ou de lampes économique rechargeable	<ul style="list-style-type: none"> - Opérateurs et promoteurs de SE - Artisans (électriciens, dépanneur, vulcanisateur) 	<ul style="list-style-type: none"> • Recharge de téléphone portable • Recharge de lampes économiques pour éclairage domestique 	<ul style="list-style-type: none"> - Chargeur de portable - Lampes rechargeables - Piles et autres petites batteries (camera) rechargeables)
Atelier	<ul style="list-style-type: none"> - Coiffeur - Dépanneur - Photographe 	<ul style="list-style-type: none"> • Eclairage lieu de travail • Coiffure homme • Contrôle, réparation et soudure électronique • Recharge batterie appareil photo et camera / PAO 	<ul style="list-style-type: none"> - Lampes - Tondeuse - Radio - Fer à souder - Chargeur appareil photo et camera / PC pour traitement photos
Service de froid	<ul style="list-style-type: none"> - commerçants 	<ul style="list-style-type: none"> • poissonnerie, boissons fraîches et glace, conservation produits alimentaires • conservation de produits de pharmacopée 	<ul style="list-style-type: none"> • kit congélateur

4.1.1 Recharge portable

Tous les villages enquêtés sont couverts par au moins deux réseaux GSM avec une moyenne de 843 abonnés soit environ 49% (moyenne pour les 8 villages) de la population.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Les services de recharge sont au coût de 100 FCFA dans tous les villages et se fait pour chaque utilisateur à une fréquence moyenne de 3 fois par semaine. (Voir tableau ci-dessous).

Tableau N° 6 : besoins en service de recharge de portables

Villages	Nombre d'abonnés	% population	Distance lieu de recharge	Nombre de fois par semaine	Prix	Montant	Montant moyen par village
Midjanagan	600	40%	0	2	100	200	120000
Agonkon	630	90%	7	3	100	300	189000
Dogbanlin	512	30%	18	3	100	300	153600
Dètèkpa	1296	37%	7	2	100	200	259200
Gobaix	120	25%	8	3	100	300	36000
Kakatehou	2385	45%	20	3	100	300	715500
Hlanhonou	750	75%	7	3	100	300	225000
Koussoukpa	450	50%	0	3	100	300	135000

Les villages qui figurent dans le tableau ci-après ont bénéficié de la part du projet GERES notamment son programme SETUP l'installation de kit de recharge de portable.

Tableau N°7 : Populations bénéficiant des kits de recharge de portable.

Service à fournir	Commune	Arrondissements	Villages
Kit de recharge de portable	ZOGBODOME	ZOUKOU	Zoukou-centre
	ZA-KPOTA	ALLAHE	Allahe
	DJIDJA	SETTO	Setto-centre
		OUMGBEGAME	Ahito
	AGBANYINZOUN	TANVE	Toweta
	COVE	LANTA KOGBE	Makpégon

4.1.2 Service de froid

Les villages ayant bénéficié des installations de kit de congélation figurent dans le tableau ci-dessous.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Tableau N°8 : Populations bénéficiant de kit de congélation.

Kit de congélation	DJIDJA	OUMGBEGAME	Ahito
	ZOGBODOMEY	ZOUKOU	Hlanhonou
	OUIHI	DASSO	Gnanli
	BOHICON	KPASSAGON	Kpassagon

4.2 -Dimensionnement des systèmes

Les systèmes sont déjà installés et prêts à l'emploi, néanmoins nous allons faire un dimensionnement à partir des besoins pour vérifier si les systèmes installés sont adaptés à la localité.

4.2.1- Dimensionnement du kit de recharge de batterie de portables

Le système PV alimente la borne solaire ou la station de recharge de portables (caisse de recharge de portables de 30 prises de puissance 200W) et 2 lampes fluo de 11W en AC (220V). Le champ de module est formé deux panneaux de 55Wc sont installés sur le toit de l'atelier avec une orientation permettant d'avoir l'ensoleillement maximal au cours de la journée de valeur $E_j = 6,2$ (kWh/m²/j). Les équipements connexes sont installés à l'intérieur de la boutique. Le système a une autonomie de 72 heures et permet la recharge de 30 portables par jour. La tension à la sortie des panneaux est de 12V.

Les lampes vont servir à éclairer la nuit avec un temps de fonctionnement de 4h.

Avec un échantillon de batteries: BL-4C 890mAh, 3,7V ; 3,9wh ; BL-5J 1320mAh, 4,9 Wh, 3,7Vet BL-5J 1420 mAh ; 6,2 Wh, la valeur moyenne de la consommation en énergie d'une batterie est de 5Wh par recharge.

L'ensoleillement moyen au Bénin représente un potentiel d'environ 3,9 à 6,2 kWh/m²/jour. ¹¹

Calcul de la puissance crête P_c est déterminée par la relation :

$$P_c = C_j / (K * E) \text{ avec } E_{\text{moy}} \text{ (en kWh/m}^2\text{/j)} = 5,05 \text{ et } K = k_p * \eta_{\text{bat}} * \eta_{\text{reg}} * \eta_{\text{ond}}$$

Le nombre N_s de modules à mettre en série est déterminé par :

$$N_s = U_{\text{util}} / U_{\text{mod}}; \quad U_{\text{util}} = U_{\text{bat}} = 12 \text{ V.}$$

Le nombre de branches (modules ou série de modules en parallèle) $N_{//}$ se détermine par la relation :

¹¹ Moutairou R. BADAROU & E.C Herbert.(2009), Hélio Système énergétique Vulnérabilité – Adaptation – Résilience

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

$$N_{//} = \frac{P_C}{P_{Cmod}} * \frac{1}{N_S}$$

La consommation journalière est déterminée par la relation :

$$C_j = \sum(n_k * P_k * t_k) \text{ (en AC) ;}$$

la capacité de la batterie se détermine par

$$C = C_j * \text{autonomie} / (U_{bat} * \eta_{bat} * d_M) \text{ avec}$$

$$K = 0,8 * 0,9 * 0,85 * 0,9$$

Les tableaux ci-dessous donnent les résultats :

Tableau N° 9 : Dimensionnement du service de recharge.

Ej	K	Cj	Pc calculée	Ns	N//	Pcinst	Capacité batterie	Puissance ou Ireg Régulateur	Puissance Onduleur
kWh/m2/j		Wh/j	Wc			Wc	Ah	W ou en A	W
Ejmoy = 5,05	0,612	417,78	135,18	1	2	110	204,79	>= 110 W ou Ireg >= 9,17 A	>= 110 W
Ejmax = 6,2	0,612	417,78	110,1	1	2	110	204,79	>= 110 W ou Ireg >= 14,17 A	>= 110 W
Ejmin = 3,9	0,612	417,78	175,04	1	3	165	204,79	>= 165 W ou Ireg >=13,75 A	>= 165 W

Tableau N°10 : Synthèse du dimensionnement du service de recharge.

Service à fournir	Equipement solaire	Quantité
Kit de recharge de batteries de Portable	Module solaire 55Wc ,12V, monocristallin	02
	Régulateur solaire, 10A, 12V	01
	Batterie étanche sans entretien 200Ah, 12V	02
	Convertisseur à signal sinusoïdal 200W, 12V/220V, 50Hz	01
	Lampes économiques 11W, 220V, 630 lumens	02
	Station ou borne de recharge de portables munie de 30 prises	01

La caisse de recharge de portables permet de protéger les portables. A cet effet, un système d'antivol est prévu (grillage fermant la partie supérieure de la caisse dont la photo est en annexe VI).

4.2.2- Description et dimensionnement du kit congélateur

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Les congélateurs sont destinés à divers usages : poissonnerie, boissons fraîches et glace, conservation produits alimentaires.

Le système PV alimente le congélateur solaire type 220V, 100W, 160 à 200 l et 2 lampes fluo de 11W en DC (24V). Le champ PV est installé à côté de la boutique de façon à avoir l'ensoleillement maximal le long de la journée. On a deux modules en série et trois branches de modules. Le système a une autonomie de 48 heures au moins. La tension à la sortie des panneaux est de 24V.

Tableau N°11 : Dimensionnement du kit de réfrigération.

Ej	K	Cj	Pc calculée	Ns	N//	Pcinst	Capacité batterie	Puissance ou Ireg Régulateur
kWh/m2/j		Wh/j	Wc			Wc	Ah	W ou en A
Ejmoy = 5,05	0,612	1453,78	386,84	2	3	510	293,03	>= 510 W ou Ireg >= 21,25 A
Ejmax = 6,2	0,612	1453,78	315,08	2	2	380	293,03	>= 380 W ou Ireg >= 14,17 A
Ejmin = 3,9	0,612	1453,78	500,9	2	3	680	293,03	>= 680 W ou Ireg >= 21,25 A

Tableau N°12 : Synthèse du dimensionnement du kit de réfrigération.

Service à fournir	Equipement solaire	Quantité
Kit congélateur	Module solaire 85Wc, 12V, monocristallin	6 dont 2 en séries Et 3 branches
	Régulateur solaire, 30A, 24V	1
	Congélateur solaire 100 W	1
	Batterie étanche sans entretien 200Ah, 12V	4
	Convertisseur à signal sinusoïdal 700W, 24V/230V, 50Hz	1
	Lampes solaires économiques 11W, 220V, 630 lumens	4

4.3 Réponses des bénéficiaires des installations photovoltaïques

Les enquêtés sont dans la plupart des artisans, des commerçants, des dépanneurs et

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

tradithérapeutes. Ils sont au total sept dont quatre exploitants de kit de recharge et trois de kit de réfrigération.

4.3.1 Appréciation du coût des services rendus par l'énergie solaire

Tous ceux qui ont bénéficié des kits de recharge de portable interrogés et qui utilisaient des groupes électrogènes ont signalé que le coût des services rendus par l'énergie solaire est plus bas que celui du groupe électrogène ; en tenant compte des frais de carburant et d'entretien du groupe électrogène.

4.3.2 Maintenance des équipements.

Trois des enquêtés ont révélé que la maintenance des équipements est assurée par des gens formés dans leur rang. Pour le reste une formation est en vue. Mais en cas de panne majeure un technicien est sollicité.

4.3.3 Organisme ayant assuré l'installation du système PV

Les systèmes PV ont été installés par l'ONG GERES.

4.3.4 Contrat par lequel le système photovoltaïque a été acquis.

Ces systèmes PV ont été acquis par une subvention de l'ONG GERES.

Ainsi, un montant représentant 10% du coût des installations leur a été exigé pour être bénéficiaire du projet.

Le système PV du kit de Recharge de portables vaut 2146000FCFA et celui de réfrigération s'élève à 7000000FCFA.

Les exploitants des kits de réfrigération ont ainsi payé 700000FCFA avant d'être bénéficiaires et ceux du kit de recharge de batteries 214600FCFA.

4.3.5 Effets bénéfiques liés à la technologie PV en milieu rural

Un suivi deux mois nous a permis de relever des recettes et dépenses journalières du service de la recharge de portables qui sont consignées dans les tableaux en annexe VI.

De l'avis de tous les enquêtés, l'énergie photovoltaïque en milieu rural permet aux artisans d'augmenter les heures de travail, ce qui leur permet d'augmenter leur recette et permet de créer des activités génératrices de revenus. Soit un pourcentage de 100%.

Par ailleurs, certains ont mentionné que le système PV permet d'améliorer la qualité de leur service.

Le suivi du service de recharge de portable d'un exploitant de groupe électrogène est fait et les recettes et dépenses sont consignées en annexe VI.

4.3.5 Quantification des effets bénéfiques

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Pour les deux mois de suivi des exploitants des systèmes PV, une recette d'environ 4460 FCFA s'effectue par jour. Quant aux exploitants des groupes électrogènes une recette d'environ 4870 FCFA s'effectue par jour avec un bénéfice d'environ 2300 FCFA par jour.

Les exploitants de kit de réfrigération n'ont pas pu indiquer un montant précis mais ils ont indiqué qu'ils arrivent à réaliser de bonne recette journalière.

Les dépanneurs qui font usage des fers à souder ont indiqué qu'avec l'installation du système photovoltaïque qu'ils ont augmenté considérablement leur clientèle ceci leur permettant d'augmenter leur recette.

4.3.6 Difficultés rencontrées lors de l'exploitation du système

Deux des exploitants des quatre rencontrés reconnaissent avoir rencontré des difficultés dans l'exploitation des kits de recharge de portable.

Les difficultés énumérées sont : dysfonctionnement du convertisseur, du régulateur en plus la baisse de tension pendant la saison de pluies et une décharge profonde précoce de la batterie.

4.3.7 Amélioration de l'impact des projets PV

Les enquêtés ont suggéré que des privés investissent aussi dans les énergies renouvelables notamment dans la promotion l'énergie solaire photovoltaïque en milieu rural. Sur les 7 bénéficiaires 5 ont souhaité qu'un crédit soit mis au point pour permettre une accessibilité de l'énergie solaire en milieu rural soit un pourcentage de 71,43%.

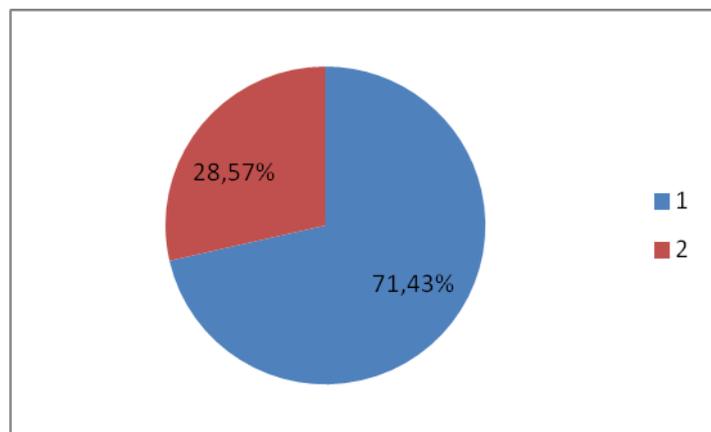


Figure N°1 : Taux de ceux qui souhaitent l'accessibilité du système photovoltaïque par un crédit.

Ils ont souhaité que des formations sur la maintenance des équipements soient faites et que l'Etat allège les possibilités d'acquisition des équipements photovoltaïques.

Ils ont également souhaité que tout soit mis œuvre pour favoriser l'accès de la technologie

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

photovoltaïque dans d'autres villages.

V.DISCUSSION ET ANALYSES

5-1 Analyse des services énergétiques rendus

A travers nos résultats il ressort que l'énergie solaire permet de générer des activités génératrices de revenus. Les activités de sources de revenus citées sont : la recharge de portable, les activités de dépannage, la réfrigération et l'éclairage des lieux de commerce.

Ainsi la technologie photovoltaïque permet de sortir les milieux ruraux de la précarité. Cet avantage de l'énergie est mis en cause par la politique énergétique mise en place par nos dirigeants, qui de nos jours s'efforcent à corriger le tir. Néanmoins, beaucoup reste à faire car nombreux sont les zones qui n'ont pas la chance d'être électrifiées dans les cinq prochaines années.

Pour le service de recharge de portable, les exploitants font une recette d'environ 4000FCFA par jour soit 120000F CFA par mois (annexe VI). Ceci prouve que cette activité est une activité génératrice de revenus et créatrice d'emploi. La proximité du lieu de la recharge de portable amoindrit le coût de déplacement, les peines de la population et leur permet d'être connecté aux réseaux téléphoniques. Ceci leur permet de faire leur commerce et de mener d'autres activités commerciales.

Tous les enquêtés ont reconnu que l'éclairage des lieux de commerce permet aux artisans et aux commerçants de continuer leurs activités à la tombée de la nuit et de commencer très tôt les activités. Ceci augmente ainsi leurs revenus et augmente l'accessibilité de leur service aux populations. L'éclairage des magasins leur permet de rester ouvert plus tard le soir et d'être plus conviviaux, donc d'attirer d'avantage la clientèle. Plusieurs expériences le confirment :

- En République Dominicaine par exemple, un magasin a rapporté une augmentation de 60% de son chiffre d'affaire grâce à l'introduction de la lumière et de la radio.
- En Chine, l'introduction de la télévision et de la lumière dans un restaurant en Mongolie a permis au restaurant d'enregistrer des bénéfices de 722US\$ supplémentaires durant les 6 mois qui suivirent l'installation¹²

A travers nos résultats, le système PV génère pour le service de recharge de portable environ 4000FCFA de recette par jour comme dit plus haut et avec le groupe électrogène une recette d'environ 4800FCFA est réalisée. En tenant compte des frais de carburation pour le fonctionnement du groupe électrogène qui s'élève à 2400FCFA par jour, Il ressort que le coût

¹² Nadine B.(2004),Les applications PV génératrices de revenus.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

des services rendus par la technologie photovoltaïque est plus bas que ceux rendus par le groupe électrogène utilisé en milieu rural. La plupart des enquêtés ont révélé que l'énergie solaire PV est presque gratuite hormis le coût du dispositif de transformation.

Les dépanneurs exploitants de ces installations ont reconnu que grâce à la technologie photovoltaïque, ils parviennent à utiliser le fer à souder lors de leurs travaux et à moindre coût. La disponibilité de l'énergie électrique leur permet de maintenir la clientèle et leur évite de se déplacer en ville pour les travaux de soudure, de plus ceci limite l'achat de carburant pour ceux qui utilisaient de groupe électrogène.

L'accès à des services énergétiques permet le développement des entreprises. L'éclairage permet de prolonger l'activité commerciale au-delà des heures de jour et l'utilisation de machines améliore la productivité.¹³

Dans le Département du Mono, l'ONG Solidarité Mondiale et des Sœurs Unies a installé un système photovoltaïque en vue d'améliorer les conditions de vie et de travail d'un groupe de femmes transformatrices de manioc. Selon Madame Victorine SEWADO membre du comité de gestion de l'unité Technique de transformation de Manioc du Réseau (des femmes transformatrices de manioc de Lokogohoué), les femmes transformatrices de manioc éprouvaient d'énormes difficultés dans la transformation et conditionnement du manioc. Pour elle, l'utilisation des équipements rudimentaires pour la transformation du manioc permettait produire du gari conditionné dans des sacs de joute sans protection par défaut d'un appareil de conditionnement en sachet ce qui rend les produits non compétitifs sur le marché. Grâce à l'appui de l'ONG Solidarité Mondiale et des Sœurs Unies à l'œuvre, des applications photovoltaïques se sont développées à Lokogohoué et permettent au groupe membre du réseau de bien conditionner leurs produits à l'aide d'une soudeuse alimentée à l'énergie solaire. Ceci améliore la qualité de leurs produits et permet aussi de les commercialiser auprès des supermarchés des grandes villes. Chaque habitant recharge son téléphone portable sur place à l'aide de panneaux solaires photovoltaïques moyennant une somme de 50F par recharge. Grâce à l'éclairage du site, ces femmes peuvent à travailler tard et redémarrer tôt leurs activités de transformation sans craindre l'obscurité, ce qui accroît leur productivité. En 2010, le groupement de femmes a enregistré une recette nette de 192100FCFA pour la recharge de portable. Ces ressources ont amélioré les revenus des femmes. Cet exemple de

¹³ FRANCIS SEMPORE, cours de Master 2 GEER 2IE Accès aux services Energétiques
Comprendre les enjeux de l'Accès aux Services Energétiques pour le Développement
Humain août 2009.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Lokogohoué nous démontre que l'énergie solaire (à travers le choix adapté d'applications photovoltaïques) peut contribuer directement à une amélioration des revenus en milieu rural.¹⁴

Avec le service de réfrigération, les bénéficiaires ont commencé désormais par vendre des boissons fraîches, des produits de poissonnerie et faire la vente de glace et de bissap ce qui génère de revenus. Ce qui est plus économique, ils n'auront plus à payer une facture. Un tradithérapeute bénéficiaire du kit réfrigération a signalé l'importance du système photovoltaïque dans le domaine de la médecine traditionnelle, il parvient à conserver ses produits ce qui facilite la disponibilité des produits. Avec cette technologie ce guérisseur arrive à donner plus satisfaction aux malades ce qui lui permet d'augmenter son chiffre d'affaire. La conservation des produits agro-alimentaires tels que le poisson, le lait, la viande, les fruits et les légumes peut être un facteur de développement local. Le développement de la chaîne du froid peut ouvrir des possibilités de conservation des produits après récolte qui peuvent être mis sur le marché pour réaliser une plus value.

L'énergie solaire est également utilisée pour apporter d'autres avantages dans de nombreux cas. Par exemple, l'ONG « SolarAid » forme des entrepreneurs dans les pays dans les domaines de la planification d'entreprise et les études de marché pour les aider à créer des petites entreprises solaires pour transformer les lampes à pétrole en lanternes solaires et fabriquer des chargeurs ou des radios solaires à partir des matériaux locaux. A la fin de l'année 2009, le collège a formé 461 ingénieurs solaires.¹⁵

De même, l'ONG « Barefoot College » forme 'Barefoot Solar Engineers' (venant pour la plupart des villages ruraux d'Afrique et d'Asie) dans les domaines de l'installation, la réparation et l'entretien de dispositifs d'éclairage solaire pour essayer de promouvoir l'électrification solaire en milieu rural et d'améliorer les revenus des villageois pauvres.

Aussi, grâce à un projet résultant d'un partenariat entre l'ONG ABEED, le PNUD et l'ONG Barefoot College, aujourd'hui, l'énergie solaire apporte des services énergétiques à 308 ménages de Hon et Koussoukpa deux villages du département du Zou. En effet, les habitants peuvent facilement éclairer leurs maisons, charger leurs téléphones portables. A Koussoukpa, chaque abonné paye une redevance mensuelle de 1500FCFA. Cette souscription est gérée par

¹⁴ <http://www.ctbbenin.org/pdf/bulletins/bulletin%20juin2011.pdf>

¹⁵ <http://www.scdev.net/fr/features/energie-solaire-pour-les-pauvres-faits-et-chiffres.html> 25/06/2011)

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

un comité chargé du fonctionnement du réseau, de la maintenance et du renouvellement des équipements (panneaux solaires, batteries).

A Hon, deux paysannes, Julienne Loko et Azouassi Togbé, ont été formées pour l'installation et la maintenance du réseau solaire. Elles ont séjourné pendant six mois en Inde et savent aujourd'hui installer et entretenir les panneaux solaires. Ainsi, elles travaillent presque à plein temps dans les ateliers électroniques construits pour les villages. Avec cette formation ces deux paysannes sont devenues des techniciennes et gagnent ainsi leur vie.

D'après les analyses et à travers ces exemples, il ressort que la technologie photovoltaïque permet de développer les activités génératrices de revenus ce qui confirme notre première hypothèse.

Les maintenances des technologies d'utilisation des énergies nouvelles et renouvelables sont fondamentales, car de leur succès dépend la suite logique d'autres projets complémentaires. Les échecs accumulés, dans le domaine de la fiabilité des équipements techniques, constituent un frein qui sape le moral des investisseurs et utilisateurs potentiels. Une maintenance correcte ne peut se faire sans formation préalable des différents acteurs. La première étape dans le processus de formation est d'informer objectivement les usagers potentiels des avantages et des limites des systèmes solaires individuels pour éviter toute déception et mauvais usages futurs. A la suite de ces sensibilisations, une formation complète doit avoir lieu pour les futurs usagers étant donné que l'électrification photovoltaïque est complexe. La petite maintenance ne pourra être effectuée correctement que si l'utilisateur a une compréhension totale de son importance. Donc que ce soit la formation ou la sensibilisation, elles doivent être complètes, objectives et adaptées au public ciblé. Une attention particulière devra être portée sur le niveau d'éducation du public, le contenu ne pouvant être présenté de la même façon à des personnes analphabètes qu'à des individus alphabétisés qui pourraient se référer à des écrits lors d'éventuels doutes. Il est également primordial que la formation se fasse dans une langue comprise et parlée par tout le public.

Les difficultés rencontrées lors de l'exploitation des systèmes photovoltaïques par les exploitants sont relatives à la baisse de l'ensoleillement particulièrement pendant la saison des pluies, à des problèmes de dysfonctionnement du système et à une décharge précoce des batteries. Ceci les empêche par moment d'avoir accès à l'énergie solaire.

La production d'énergie est irrégulière à cause du temps, elle dépend de la météorologie et non des besoins. La baisse de l'ensoleillement génère de puissances trop faibles, ce qui n'est pas adaptée pour le développement d'activités professionnelles. Le développement d'une

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

activité économique existante ou nouvelle est envisageable avec la mise en place d'un système photovoltaïque en association avec un groupe électrogène. D'autres formules hybrides sont également possibles, telles que des installations hybrides photovoltaïque-éolien qui tirent parti de deux sources d'énergie solaire et éolienne qui sont disponibles à des moments différents, se complètent et permettent d'accroître le coefficient d'utilisation global. Cette solution est intéressante car un tel système permet d'avoir l'énergie à plein temps.

Il est à signaler que de nombreux systèmes d'électrification rurale à énergie solaire ne fonctionnent pas ou très peu de temps, simplement pour la cause d'avoir acheté un matériel peu performant, à durée de vie très courte, et très souvent mal dimensionné (le devis le moins cher). Beaucoup de systèmes voient leurs batteries ne durer que quelques mois (mauvais dimensionnement ou mauvais choix). Autres raisons de non fonctionnement classique, dans les systèmes d'électrification rurale notamment en Afrique: le piratage quasi systématique, des installations. Le détournement à des fins personnelles d'une partie de l'énergie destinée à une utilisation précise, une consommation réelle qui a été sous évaluée, ou qui a augmentée sans modification significative de la taille du système solaire.

Disons que malgré tout, dans la majeure partie des cas d'électrification rurale ou urbaine ne fonctionnant pas, ce sont pratiquement toujours les installations sous dimensionnées qui sont les plus fréquentes, ou si mal installées que le système ne peut pas fonctionner. D'où l'intérêt, avant tout achat de demander conseil (consultations, expertises, aides à la conception) et de remplir correctement pour ce faire un questionnaire de dimensionnement. Enfin, pour conclure, lorsque, l'acquéreur d'un système d'électrification rurale solaire rentre en possession de son bien, il se doit de respecter les consommations qui ont été définies. Tout dépassement de celles-ci, menant inexorablement à la décharge excessive des batteries, d'où une perte de capacité (c'est la façon vicieuse qu'ont les batteries pour vieillir) et enfin à la mort prématurée de celles-ci, précisément par manque de capacité.¹⁶

5.2 Analyse économique des services

5.2.1. Rentabilité du service de recharge de portable avec subvention

Nous essayerons de déterminer la Valeur Actuelle Nette et le Tri de l'investissement relatif au kit recharge de portable dont l'investissement initial vaut $I_0=214600$ FCFA avec un taux d'actualisation des investissements s'élevant à 10 %.

¹⁶<http://energies-nouvelles-entreprises.pagesperso-orange.fr/00.htm> 13/08/2011.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

La maintenance se limitera à une maintenance préventive qui va consister à nettoyer les panneaux et contrôler le matériel qui se chiffre à environ 10000 FCFA. En plus de ces frais s'ajoutent les frais d'entretien des apprentis qui veillent sur les batteries. La durée de vie d'une batterie se limiterait à 5 ans donc il urge de prévoir la rechange des batteries dont le coût de l'unité s'élèverait à 100000FCFA ce qui coûtera 200000FCFA pour les deux batteries. (Les tableaux détaillés de calculs sont présentés en annexe III).

On obtient une VAN d'environ $VAN = 6657365FCFA$ et un TRI de 0,4878 soit 48,78 % .La valeur de la VAN est positive et le taux d'actualisation est inférieur au TRI, ce qui donne un investissement rentable. Cette étude nous montre que les AGR sont rentables par l'utilisation de la technologie photovoltaïque mais avec subvention.

Autres exemples de rentabilité de Système de recharge

Une option, actuellement en cours de développement par l'ONG Nature Tropicale et mise au point par l'électrotechnicien et l'ingénieur de l'ONG, est le kit multiGSM : une batterie de 12 V est reliée à un module de silicium polycristallin afin de pouvoir recharger une dizaine de téléphones portables à la fois grâce à différents adaptateurs reliés à la batterie et correspondant à la grande majorité des modèles en circulation. L'idée est de pouvoir recharger les téléphones portables de plusieurs villageois à la fois. Le coût d'un tel système est de 90 000 FCFA mais il est présenté comme rentable car le propriétaire d'un tel système pourrait faire payer les personnes qui utiliseraient cette borne de recharge. Des facilités de paiement sont également proposées : le kit est livré après un premier versement de 30 000 FCFA puis chaque jour le propriétaire doit verser 500 FCFA pour rembourser son achat.¹⁷

5.2.2. Rentabilité du service de recharge de portable sans subvention

Par un système de microcrédit, nous essayerons de prouver que les AGR sont rentables sans subvention.

Pour un kit de recharge de portable rapportant un montant de 120.000FCFA par mois avec un coût d'investissement de 2146000 FCFA.

Avec un prêt de taux d'intérêt de 10% à la CLCAM, il est possible de financer un projet d'installation de système photovoltaïque sur une durée de cinq ans. L'amortissement sera de 35767 FCFA et un intérêt de 10730 FCFA soit un total remboursé de 46497 F CFA.

¹⁷ Jullie BOBEE (2010) Mémoire online : L'électrification rurale par l'énergie solaire. Etude de cas au Bénin

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

La périodicité de remboursement accordée est mensuelle. Le remboursement du crédit peut se faire sur une période de 5 ans de manière à pouvoir faire face à d'éventuels imprévus, améliorer considérablement son chiffre d'affaire et d'avoir la possibilité de faire tourner le crédit pour générer d'importants bénéfices.

Le tableau d'amortissement du prêt accordé se trouve en (annexe IV).

En faisant le rapport de la recette mensuelle au total remboursée, on obtient $\frac{120000}{46497} = 2,58$ ce

qui est supérieur à 1. Ce rapport montre que cette activité de recharge de portable est rentable sans subvention. Donc avec un accès au crédit accordé aux bénéficiaires, on peut faciliter l'accessibilité des technologies photovoltaïques en milieu rural afin de créer des AGR.

L'amélioration de l'accès à l'énergie solaire dans les zones rurales reste confrontée à un certain nombre d'obstacles. Au-delà de l'environnement politique qui favorise le développement de combustibles fossiles, l'obstacle le plus important est le financement.¹⁸

Pour qu'un programme soit viable à long terme, il faut que les investissements profitent correctement à toutes les parties prenantes d'où l'importance stratégique d'une approche intégrée de l'accès à l'énergie. Lorsque les circonstances sont favorables, le secteur privé peut se positionner sur un marché et le développer sans subventions. Des technologies fondées sur les ER ont ainsi pu être mises en œuvre en milieu rural, par exemple les installations photovoltaïques en Chine et au Kenya, entreprises de panneaux solaire en Inde.¹⁹

Pour rendre les énergies renouvelables en particulier la technologie photovoltaïque plus abordable, il urge de faciliter l'accès des zones les plus pauvres aux services financiers. En effet, lorsqu'elles sont présentes en milieu rural, les institutions bancaires ne proposent pas toujours des produits adaptés aux besoins des usagers. En l'absence de marché de crédit, les populations des zones rurales ne peuvent pas payer les premiers investissements d'installations de systèmes PV. Le microfinancement, l'allongement ou l'aménagement des délais de remboursement et le microcrédit peuvent élargir la clientèle des fournisseurs d'énergie photovoltaïque. L'accès au microcrédit est un facteur déterminant du succès de la diffusion des technologies des ER en milieu rural, comme le montrent les projets de la « Grameen Bank » au Bangladesh. C'est souvent en apportant une aide aux organisations

¹⁸ David J Grimshaw et Sian Lewis.(2010) Energie solaire pour les pauvres ; faits et chiffres.

¹⁹ **Banque Mondiale**,(2008). Designing sustainable off-grid rural electrification projects : Principles and practices.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Parmi les fournisseurs de microfinancement peuvent figurer des fondations caritatives telles que « Solar Energy Foundation » qui a installé plus de 2000 systèmes solaires domestiques communautaires et aux coopératives ainsi qu'aux banques rurales et ONG que l'on peut élargir l'accès au microcrédit et atteindre les usagers isolés.²⁰

Les banques peuvent également offrir des microfinancements. L'Aryavart Gramin Bank, en Inde, passe des commandes en gros de systèmes photovoltaïques et propose des prêts pour leur achat, leur installation et leur entretien à des clients de milieu ruraux. Les remboursements de crédit sont moins chers que le coût mensuel du pétrole et peuvent être étalés sur cinq ans.²¹

L'analyse et les exemples cités nous prouvent que les AGR sont rentables par l'utilisation de la technologie photovoltaïque et peuvent se développer sans subvention, ceci confirme ainsi notre 2^{ème} hypothèse.

Le problème majeur du développement de l'énergie solaire en Afrique reste celui du financement et de l'impulsion commerciale à donner à ce marché, ce qui pour l'instant reste fermé. C'est pourquoi il est urgent de trouver les fonds nécessaires aux premiers investissements, qui sont récupérables à termes. Le rôle des États africains est primordial dans le développement des technologies PV. Ils doivent mettre en place des politiques, d'avantages préférentiels pour l'importation des biens d'équipement solaires, par l'allégement ou la suppression des taxes fiscales, l'appui financier et logistique aux acteurs des projets innovateurs. Ils doivent mettre en place des stratégies qui puissent permettre de rompre la contrainte de l'importance des premiers investissements à laquelle doivent faire face aujourd'hui les ruraux africains pour s'équiper de ces technologies nouvelles.²²

Le MDP, qui relève du protocole de Kyoto, présente l'une des synergies très utile et tout à fait opportune, qui peut être considéré comme une source de financement utile. Les projets de développement et d'exploitation des énergies renouvelables se taillent la part du lion des projets enregistrés par le MDP et, parmi les projets validés, on compte de nouveaux projets de remplacement de combustibles et d'exploitation des énergies renouvelables, certains en milieu rural. Ceci étant, les marchés mondiaux du carbone peuvent être mis à profit. En 2008, par exemple deux projets de la Banque mondiale ont été approuvés pour la construction par la « Grameen Shakti et Infrastructure development Company Ltd » de 1,3 millions

²⁰ Ecotechnologies et technologies des énergies renouvelables en tant que solutions énergétiques pour le développement rural. Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement. (Décembre 2009)

²¹ David J. Grimshaw et Sian Lewis(2009) Energie solaire pour les pauvres : faits et chiffres.

²² Percebois, Jacques.(1975) L'énergie solaire, perspectives économiques, Ed. du CNRS, Energie et Société.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

d'installations solaires individuelles au Bangladesh, qui étaient parmi les premiers au mécanisme d'échange d'unités de réduction des émissions pour financer des installations photovoltaïques.²³

L'Afrique a du mal à attirer les projets du Mécanisme du fait des mêmes difficultés qui découragent les investissements à caractère purement commercial : manque d'infrastructure et de main-d'œuvre qualifiée, taux de pauvreté élevé, faibles ressources financières, insuffisance des compétences administratives et techniques nécessaires pour satisfaire aux normes du MDP, institutions précaires, corruption et instabilité politique. Toutes ces lacunes concourent à donner à l'Afrique l'image d'un continent où il est difficile de faire des affaires.

De nombreux obstacles empêchent toutefois d'exploiter pleinement le potentiel du MDP pour des projets de petite envergure, tels que les projets d'électrification rurale fondés sur les énergies renouvelables. Le niveau trop élevé des coûts de transaction et des coûts associés (enregistrements, validation et vérification) sont fréquemment évoqués par rapport à la taille des projets et un volume trop faible d'émissions de CO₂ évité pour véritablement intéresser les concepteurs de projets et les investisseurs au titre du MDP. L'utilisation du mécanisme pose un autre problème qui est lié à la nécessité de diriger d'avantages d'investissements vers les zones rurales, en particulier dans les pays en développement.²⁴

²³ Les projets réalisés au titre du MDP (CNUCED, 2009b)

²⁴ E.Hanff-(2010/2011), Les Mécanismes de Développement Propre Master 2 GEER

VI. Conclusion

Notre étude s'est déroulée dans les villages éloignés des chefs lieux d'arrondissements électrifiés et qui n'ont pas la chance d'être électrifiés dans les cinq prochaines années. Son objectif est d'évaluer les effets des systèmes photovoltaïques sur le développement socio-économique et de contribuer à élargir leur portée dans les milieux ruraux. Il s'agissait d'identifier les AGR pouvant être générées par la technologie photovoltaïque, dimensionner les services énergétiques identifiés et faire le suivi d'exploitation des services mis en place et d'étudier leur rentabilité.

L'analyse des résultats montre que la technologie photovoltaïque permet de développer les activités génératrices de revenus ce qui confirme notre première hypothèse. Ces systèmes PV permettent d'instaurer un environnement propice à la création d'activités rémunératrices ou d'activités permettant d'accroître le revenu.

De plus, de l'analyse des résultats il ressort que les AGR sont des activités rentables au taux d'actualisation de 10%. Les projets d'accès à l'énergie contribuent à la lutte contre la pauvreté et doivent être considérés comme un outil stratégique de réduction de la pauvreté.

L'accès à l'énergie solaire en milieu rural dans les pays en voie de développement reste confronté à un certain nombre d'obstacles dont le plus important est le financement. Nous avons dans ce sens montré que compte tenu de la rentabilité des AGR, les systèmes PV peuvent être installés par un micro financement qui sera épongé suivant une durée définie. Pour accroître la rentabilité des investissements, il urge de stimuler la demande, et donc la consommation. Pour cela, il faut avant tout renforcer les capacités et prendre des mesures encourageant la consommation de l'énergie solaire à des fins productives.

Le recours à d'autres instruments tels que les MDP ne constitue –t-il pas un moyen pour favoriser l'émergence de l'énergie solaire PV en milieu rural ?

Toutefois, l'Etat doit intervenir pour rendre l'investissement de ce type plus attractif en créant à l'instar de la banque de l'habitat une banque de l'énergie.

VII.RECOMMANDATIONS – PERSPECTIVE

Compte tenu de l'importance de l'énergie électrique dans le développement socio-économique des populations rurales et son rôle prépondérant dans la lutte contre la pauvreté, l'énergie solaire est à promouvoir. Pour cela, nous formulons les recommandations ci-dessous :

- A l'endroit des Etats Africains et de l'Etat Béninois :
 - Renforcer la bonne gouvernance en vue de stimuler les actions des institutions financières.
 - Participer aux efforts visant à rendre le solaire financièrement abordable en soutenant les systèmes qui donnent aux pauvres l'accès à la technologie photovoltaïque.
 - Investir dans la recherche et le développement de la technologie photovoltaïque.
 - Insérer les systèmes solaires dans les politiques sur le changement climatiques et les objectifs de réduction des émissions mondiales.
 - Trouver des fonds nécessaires au premier investissement qui seront récupérables à long terme.
 - Rompre la contrainte de l'importance des premiers investissements à laquelle doit faire face le monde rural pour s'équiper des technologies photovoltaïques.
 - Mettre en place les mesures de promotion de l'investissement privé prévues par la politique d'électrification rurale (prise d'un décret pour définir le régime fiscal et douanier applicable aux opérations d'électrification par l'énergie solaire PV en milieu rural).
 - Augmenter les crédits alloués à l'ABERME pour assurer la gestion et le suivi des projets d'électrification rurale par les systèmes PV.
 - Doter l'ABERME de personnels qualifiés pour mieux faire face aux défis contemporains.
 - Aider l'ABERME à formuler des requêtes de financement des projets d'électrification rurale PV auprès des institutions bancaires.
- A l'endroit des institutions financières :
 - Que les bailleurs de Fonds du solaire photovoltaïque dans le monde en développement tel que la Banque Mondiale subventionnent les projets d'installation de système photovoltaïque.
 - Initier des microcrédits à l'endroit du monde rural pour faciliter l'accès aux systèmes PV.
- A l'endroit des entreprises solaires privées :
 - Faciliter le micro financement, aider les clients à entrer en contact avec des fournisseurs de micro financement.
 - Former les exploitants des installations PV pour la maintenance des équipements.

Bibliographie

Ouvrages et articles

Banque mondiale,(2008). Designing sustainable off-grid rural electrification projects: Principles and practices.

CHINCOUN Dimitri & TOHINLO Peggy. (2009), Enquête PARIER-SETUP.

(CNUCED), (2009b).Les projets réalisés au titre du MDP.

(CNUCED), (Décembre 2009). Ecotechnologies et technologies des énergies renouvelables en tant que solutions énergétiques pour le développement rural.

David J.Grimshaw et Sian Lewis.(2010),Energie solaire pour les pauvres: faits et chiffres.

E.Hanff-Les Mécanismes de Développement Propre Master 2 GEER (2010-2011)

FRANCIS SEMPORE.(août 2009), cours de Master 2 GEER 2IE Accès aux services Energétiques Comprendre les enjeux de l'Accès aux Services Energétiques pour le Développement. Humain.

Frédéric TRAORE Enseignant d'Economie, de Gestion et de Management (2010) Cours de GESTION FINANCIERE 2IE.

Jullie BOBEE(2010), Mémoire online en vue de l'obtention du grade de Master en Sciences de la population et du Développement à l'Université LIBRE de BRUXELLES : L'électrification rurale par l'énergie solaire. Etude de cas au Bénin.

M.E.E. (2006), Stratégie pour la fourniture d'Energie nécessaire pour l'attente des OMD au Bénin.

Moutairou R.B. &E.C. Herbert K.(2009),Hélio Système énergétique Vulnérabilité – Adaptation – Résilience.

Nadine B. (2004), Les applications PV génératrices de revenus.

Percebois, Jacques. (1975), L'énergie solaire, perspectives économiques, Ed. Du CNRS, Energie et Société.

Zacharie KOALAGA (2009-2010) Electricité Solaire Photovoltaïque Master 2 GEER 2IE.

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Sites internet

<http://www.helio-international.org/.VARBenin.fr.pdf> consulté 01/10/2011

<http://www.bj.undp.org/fr/lebenin.html> consulté le 01/10/2011

<http://www.afriqueavenir.org> consulté le /07/04/2011

<http://www.gouv.bj/spip.php?rubrique27> consulté le 20/07/2011

<http://www.infosdelaplanete.org/.../villages-solaires-du-benin.htm> consulté le 20/07/2011

<http://www.scdev.net/fr/features/energie-solaire-pour-les-pauvres-faits-et-chiffres.html> consulté le 25/06/2011

http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Zou_communes.png consulté le 20/07/2011

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

ANNEXES

Sommaire des annexes

Annexe I : Carte du BENIN et du département du ZOU.

Annexe II : Questionnaire d'enquête.

Annexe III: Calcul de la VAN et du TRI par la méthode de Solveur.

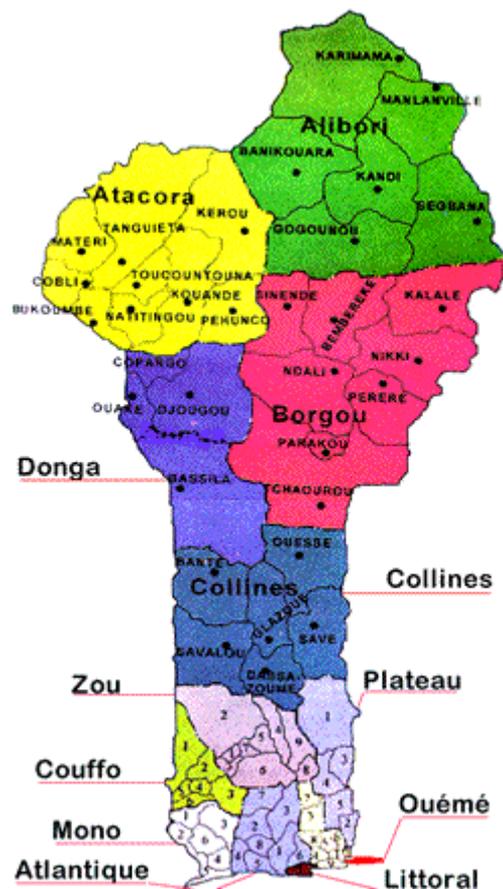
Annexe IV : Tableau d'amortissement du prêt accordé

Annexe V : Photo du kit de recharge de portable.

Annexe VI : Tableau de suivi du service de recharge de portable.

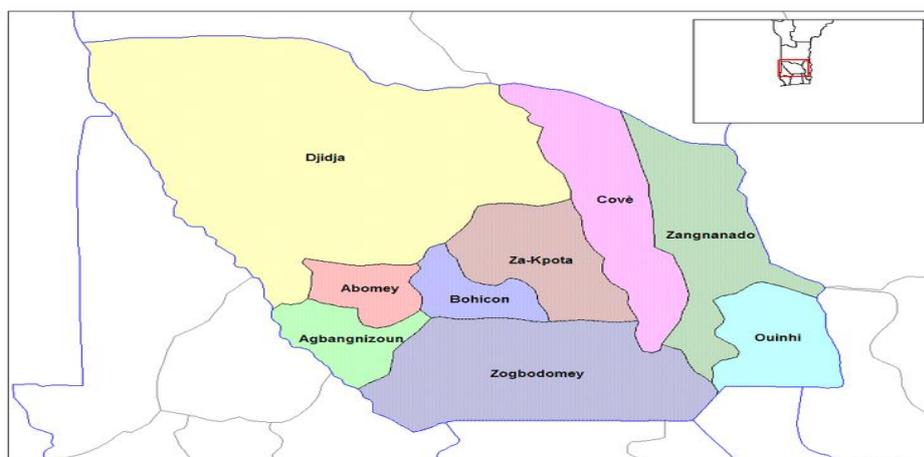
Annexe I : Carte du BENIN et du département du ZOU

Carte du BENIN indiquant les différents départements.



Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Benin_carte.png

Carte du département du ZOU



Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Zou_communes.png

Annexe II: Questionnaire d'enquête

Questionnaire

Ce questionnaire s'adresse aux exploitants de système PV dans la promotion des activités génératrices de revenus.

Dans le cadre de l'élaboration de son Mémoire de fin de formation pour l'obtention du Master 2 en Energie Renouvelable, Monsieur DADE E. Sourou étudiant au 2IE dont le thème est « **Les services énergétiques à usages productifs selon la technologie photovoltaïque** », mène des enquêtes .

Vos réponses aux questions suivantes seront votre contribution à cette formation. Il s'agit de cocher les cases correspondantes à vos réponses.

1. Données personnelles

Noms de l'enquêté :

Fonction :

2- Source d'énergie utilisée :

système solaire domestique groupe électrogène

systèmes mixtes PV et diesel ou autre

3- Que pensez -vous du coût des services énergétiques rendus par l'énergie solaire par rapport à ceux rendus par le groupe électrogène ?

bas élevé même coût

4- Pour le service de recharge de portable par le groupe électrogène

Indiquez : -La consommation journalière du groupe électrogène

- Le nombre de portables chargés par jour

- La recette journalière

- Les dépenses journalières

5- Qui a assuré l'installation du système photovoltaïque?

.....
 Etat

ONG

6- Principales utilisations de l'électricité PV

éclairage du lieu de commerce poste téléviseur

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

- | | | | |
|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> | chargement de portables | <input type="checkbox"/> | chargement des lampes |
| <input type="checkbox"/> | éclairage de rues | <input type="checkbox"/> | travaux de Coiffure |
| <input type="checkbox"/> | réfrigération | <input type="checkbox"/> | travaux de dépannage |

7- Données techniques

Voltage du système	12VDV <input type="checkbox"/> 110/220V AC <input type="checkbox"/>	Autre/ à savoir
Convertisseur	Caractéristiques :	
Régulateur	Caratéristiques :	
Taille du système	Panneaux	<input type="checkbox"/> Wc
	batteries	<input type="checkbox"/> Ah
Appareils ou utilisations finales	Appareils	Nombre
	Radio/télé	
	Congélateur	
	Caisse de recharge de batteries	
	Fer à souder	
	Lampes	
Coût total du système		

8- comment assurez-vous la maintenance de ces installations ?

- Par des techniciens sollicités d'ailleurs
- Par des gens formés dans vos rangs
- en prenant en charge les frais de maintenance.

Autres :

.....

9- Enumérez les effets bénéfiques liés à l'énergie solaire en milieu rural

- augmentation des ventes nouvelles opportunités commerciales

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

<input type="checkbox"/>	augmentation des heures de travail / d'ouverture	<input type="checkbox"/>	permet d'avoir l'énergie à moindre cout
<input type="checkbox"/>	amélioration de la qualité du service	<input type="checkbox"/>	promotion des AGR

Autres :

10-Pourriez vous quantifier ces effets bénéfiques ?

Dans la mesure du possible, quantifiez les impacts mentionnés ci-dessus, par exemple en indiquant quelle a été l'augmentation des affaires, des produits vendus, de la production, des prix, des heures de travail. Etc.

.....

.....

.....

11-Comment les systèmes PV ont-ils été financés ?

Payés à 100% par les bénéficiaires (liquide)	<input type="checkbox"/>
Payés à 100% par les bénéficiaires (prêt)	<input type="checkbox"/>
Taux d'intérêt	<input type="checkbox"/>
Durée de remboursement	<input type="checkbox"/>
Don	<input type="checkbox"/>
Subvention	<input type="checkbox"/>
Autres	

.....

.....

12-Quelles sont les difficultés auxquelles vous êtes confrontés dans l'utilisation de ce système dans la promotion des activités génératrices de revenus en milieu rural?

.....

.....

.....

13-A votre avis, comment peut-on améliorer l'impact des projets PV ?

.....

.....

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

.....
.....

MERCI POUR VOTRE PARTICIPATION

Annexe III: Calcul de la VAN et du TRI de l'investissement relatif au système de recharge par la méthode de Solveur.

Calcul de la VAN

n	i	$(1+i)^{-n}$	Investissement	Recette	Dépenses	CFK	CFk actualisé
0	0,1	1	2146000			-2146000	-2146000
1		0,90909091		1485550	441000	1044550	949590,9091
2		0,82644628		1485550	420000	1065550	880619,8347
3		0,7513148		1485550	420000	1065550	800563,4861
4		0,68301346		1485550	420000	1065550	727784,9874
5		0,62092132		1485550	420000	1065550	661622,7158
6		0,56447393		1485550	640000	845550	477290,9316
7		0,51315812		1485550	420000	1065550	546795,6329
8		0,46650738		1485550	420000	1065550	497086,939
9		0,42409762		1485550	420000	1065550	451897,2173
10		0,38554329		1485550	420000	1065550	410815,6521
11		0,3504939		1485550	640000	845550	296360,1167
12		0,31863082		1485550	420000	1065550	339517,0678
13		0,28966438		1485550	420000	1065550	308651,8798
14		0,26333125		1485550	420000	1065550	280592,618
15		0,23939205		1485550	420000	1065550	255084,1982
16		0,21762914		1485550	640000	845550	184016,3158
17		0,19784467		1485550	420000	1065550	210813,3869
18		0,17985879		1485550	420000	1065550	191648,5336
19		0,16350799		1485550	420000	1065550	174225,9396
20		0,14864363		1485550	420000	1065550	158387,2178

La valeur de la VAN

6657365,58

La valeur de la VAN vaut 6657365FCFA

Calcul du TRI par la méthode SOLVEUR

n	i	$(1+i)^n$	Investissement	Recette	Dépenses	CFK	CFk actualisé
0	0,48781444	1	2146000			-2146000	-2146000
1		0,67212683		1485550	441000	1044550	702070,077
2		0,45175447		1485550	420000	1065550	481366,9769
3		0,3036363		1485550	420000	1065550	323539,6588
4		0,2040821		1485550	420000	1065550	217459,6842
5		0,13716906		1485550	420000	1065550	146160,4875
6		0,092195		1485550	640000	845550	77955,48417
7		0,06196673		1485550	420000	1065550	66028,65376
8		0,0416495		1485550	420000	1065550	44379,62953
9		0,02799375		1485550	420000	1065550	29828,73958
10		0,01881535		1485550	420000	1065550	20048,69608
11		0,0126463		1485550	640000	845550	10693,08017
12		0,00849992		1485550	420000	1065550	9057,088098
13		0,00571302		1485550	420000	1065550	6087,511884
14		0,00383988		1485550	420000	1065550	4091,580046
15		0,00258088		1485550	420000	1065550	2750,060713
16		0,00173468		1485550	640000	845550	1466,759711
17		0,00116593		1485550	420000	1065550	1242,352224
18		0,00078365		1485550	420000	1065550	835,0182578
19		0,00052671		1485550	420000	1065550	561,238172
20		0,00035402		1485550	420000	1065550	377,2232316

La valeur du TRI est le taux d'actualisation pour lequel la VAN est nulle 0.00

La valeur du TRI vaut 0,4878 soit 48,78%

Annexe IV : Tableau d'amortissement du prêt accordé

Période (mois)	Date	Intérêts	Amortissement	Total remboursée	Capital Fin
2146000					
1	30/06/2011	10730	35767	46497	2110233
2	31/07/2011	10730	35767	46497	2074466
3	31/08/2011	10730	35767	46497	2038699
4	30/09/2011	10730	35767	46497	2002932
5	31/10/2011	10730	35767	46497	1967165
6	30/11/2011	10730	35767	46497	1931398
7	31/12/2011	10730	35767	46497	1895631
8	31/01/2012	10730	35767	46497	1859864
9	29/02/2012	10730	35767	46497	1824097
10	31/03/2012	10730	35767	46497	1788330
11	30/04/2012	10730	35767	46497	1752563
12	31/05/2012	10730	35767	46497	1716796
13	30/06/2012	10730	35767	46497	1681029
14	31/07/2012	10730	35767	46497	1645262
15	31/07/2012	10730	35767	46497	1609495
16	31/08/2012	10730	35767	46497	1573728
17	30/09/2012	10730	35767	46497	1537961
18	31/10/2012	10730	35767	46497	1502194
19	30/11/2012	10730	35767	46497	1466427
20	31/12/2012	10730	35767	46497	1430660
21	31/01/2013	10730	35767	46497	1394893
22	29/02/2012	10730	35767	46497	1359126
23	31/03/2012	10730	35767	46497	1323359
24	30/04/2012	10730	35767	46497	1287592
25	31/05/2012	10730	35767	46497	1251825
26	30/06/2012	10730	35767	46497	1216058
27	31/07/2012	10730	35767	46497	1180291
28	31/08/2012	10730	35767	46497	1144524
29	30/09/2012	10730	35767	46497	1108757
30	31/10/2012	10730	35767	46497	1072990
31	30/11/2012	10730	35767	46497	1037223
32	31/12/2012	10730	35767	46497	1001456
33	31/01/2013	10730	35767	46497	965689
34	28/02/2013	10730	35767	46497	929922
35	31/03/2013	10730	35767	46497	894155
36	30/04/2013	10730	35767	46497	858388
37	31/05/2013	10730	35767	46497	822621
38	30/06/2013	10730	35767	46497	786854
39	31/07/2013	10730	35767	46497	751087

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

40	31/08/2013	10730	35767	46497	715320
41	30/09/2013	10730	35767	46497	679553
42	31/10/2013	10730	35767	46497	643786
43	30/11/2013	10730	35767	46497	608019
44	31/12/2013	10730	35767	46497	572252
45	31/01/2014	10730	35767	46497	536485
46	28/02/2014	10730	35767	46497	500718
47	31/03/2014	10730	35767	46497	464951
48	30/04/2014	10730	35767	46497	429184
49	31/05/2014	10730	35767	46497	393417
50	30/06/2014	10730	35767	46497	357650
51	31/07/2014	10730	35767	46497	321883
52	31/08/2014	10730	35767	46497	286116
53	30/09/2014	10730	35767	46497	250349
54	31/10/2014	10730	35767	46497	214582
55	30/11/2014	10730	35767	46497	178815
56	31/12/2014	10730	35767	46497	143048
57	31/01/2015	10730	35767	46497	107281
58	28/02/2015	10730	35767	46497	71514
59	31/03/2015	10730	35767	46497	35747
60	30/04/2015	10730	35767	46497	0
TOTAL		643800	2146020	2789820	

Annexe V : Photo du kit de recharge de portable



Le kit de recharge est constitué de 30 prises pouvant supporter simultanément 30 batteries de portables.

Annexe VI : Tableau de suivi du service de recharge de portable

Colonne1	Colonne2	Colonne3	Colonne4	Colonne5	Colonne6
SUIVIE DES RECETTES DE LA RECHARGE DE PORTABLE DE SETTO du mois de Juin 2011					
	Date	Heures de recharge	Recettes (FCFA)		
	01/06/2011	8h-23h	2000		
	02/06/2011	8h-23h	2500		
	03/06/2011	8h-23h	2775		
	04/06/2011	8h-23h	2375		
	05/06/2011	8h-23h	2500		
	06/06/2011	8h-23h	2250		
	07/06/2011	8h-23h	3700		
	08/06/2011	8h-23h	2850		
	09/06/2011	8h-23h	4250		
	10/06/2011	8h-23h	3250		
	11/06/2011	8h-23h	3475		
	12/06/2011	8h-23h	4500		
	13/06/2011	8h-23h	3275		
	14/06/2011	8h-23h	4300		
	15/06/2011	8h-23h	4250		
	16/06/2011	8h-23h	5050		
	17/06/2011	8h-23h	4650		
	18/06/2011	8h-23h	4650		
	19/06/2011	8h-23h	7850		
	20/06/2011	8h-23h	3425		
	21/06/2011	8h-23h	3750		
	22/06/2011	8h-23h	2500		
	23/06/2011	8h-23h	4000		
	24/06/2011	8h-23h	4075		
	25/06/2011	8h-23h	4900		
	26/06/2011	8h-23h	2025		
	27/06/2011	8h-23h	6800		
	28/06/2011	8h-23h	5200		
	29/06/2011	8h-23h	8400		
	30/06/2011	8h-23h	6500		
Total des recettes			122025	FCFA	
Soit une recette moyenne journalière de				4067,5	
Soit une recette moyenne journalière de				4070	FCFA

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

SUIVI DES RECETTES DE LA RECHARGE DE PORTABLE DE SETTO Par l'énergie photovoltaïque du mois de Juillet 2011			
	Date	Heures de recharge	Recettes (FCFA)
	01/07/2011	8h-23h	5000
	02/07/2011	8h-23h	4600
	03/07/2011	8h-23h	6400
	04/07/2011	8h-23h	6900
	05/07/2011	8h-23h	6000
	06/07/2011	8h-23h	4900
	07/07/2011	8h-23h	8950
	08/07/2011	8h-23h	5300
	09/07/2011	8h-23h	6000
	10/07/2011	8h-23h	4500
	11/07/2011	8h-23h	7000
	12/07/2011	8h-23h	5400
	13/07/2011	8h-23h	5700
	14/07/2011	8h-23h	3200
	15/07/2011	8h-23h	6000
	16/07/2011	8h-23h	4400
	17/07/2011	8h-23h	3200
	18/07/2011	8h-23h	4800
	19/07/2011	8h-23h	3300
	20/07/2011	8h-23h	2800
	21/07/2011	8h-23h	4850
	22/07/2011	8h-23h	4000
	23/07/2011	8h-23h	4900
	24/07/2011	8h-23h	4600
	25/07/2011	8h-23h	3200
	26/07/2011	8h-23h	4200
	27/07/2011	8h-23h	3600
	28/07/2011	8h-23h	5000
	29/07/2011	8h-23h	2800
	30/07/2011	8h-23h	4200
	31/07/2011	8h-23h	4600
Total des recettes			150300 FCFA
Recette moyenne journalière			4848,39
			Soit 4850 FCFA

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Dépenses effectuées pour les deux mois de suivi du service de recharge de portable		
Achat de chargeurs	autres frais	Entretiens
25000	31000	35000
TOTAL des dépenses	91000 FCFA	

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Recharge de portable par le groupe électrogène a OUGBEGAMEY Mois de Juin				
Date	Recette	Achat d'essence	Entretien du groupe	
01/06/2011	7000	2400	5000	
02/06/2011	5200	2400		
03/06/2011	6400	2400		
04/06/2011	4200	2400		
05/06/2011	6100	2400		
06/06/2011	4600	2400		
07/06/2011	4800	2400		
08/06/2011	5100	2400		
09/06/2011	4600	2400		
10/06/2011	4600	2400		
11/06/2011	4800	2400		
12/06/2011	3800	2400		
13/06/2011	4200	2400		
14/06/2011	7200	2400		
15/06/2011	3800	2400		
16/06/2011	4100	2400		
17/06/2011	4300	2400		
18/06/2011	5100	2400		
19/06/2011	4800	2400		
20/06/2011	4600	2400		
21/06/2011	4700	2400		
22/06/2011	5100	2400		
23/06/2011	7200	2400		
24/06/2011	3900	2400		
25/06/2011	3800	2400		
26/06/2011	3200	2400		
27/06/2011	4100	2400		
28/06/2011	5000	2400		
29/06/2011	4900	2400		
30/06/2011	4700	2400		
Total des recettes	145900			
Dépense		77000	FCFA	
Bénéfice	63900	FCFA		
Recette moyenne journalière		4863,33	FCFA	soit 4870

Les services énergétiques à usage productif par la technologie photovoltaïque.

Bénéfice journalière	2296,67	soit 2300 FCFA
----------------------	---------	-------------------