

CHAPITRE 3 MANUEL DE L'OPERATEUR

3.1 Manuel de Planification de l'Electrification Rurale par voie de SPF

(1) Préambule

Ce manuel est axé sur la mise en œuvre dans les zones rurales sénégalaises d'un projet d'électrification par voie photovoltaïque ; sous la conduite du secteur privé.

Dans le Manuel élaboré par l'ASER, il a été retenu que tout promoteur de projet ERIL désireux de soumettre une proposition, pouvait bénéficier du soutien d'un expert.

Le soutien apporté par l'expert couvre les rubriques suivantes:

- Analyse de la demande électrique solvable et optimisation du choix des zones de concessions
- Choix des options techniques d'électrification
- Identification des opérateurs privés
- Fixation des tarifs et négociation des aspects à prendre en considération parmi les conditions relatives aux licences ou concessions
- Préparation du plan commercial de l'opérateur
- Evaluation des besoins financiers du projet
- Définition des clauses du contrat entre les différents acteurs intervenant dans le projet: contrat entre opérateur l'opérateur et les usagers, convention entre l'opérateur et la collectivité locale, etc.
- Préparation des documents de mise en œuvre des licences et/ou concessions ERIL
- Préparation des requêtes de financement à soumettre à l'ASER
- Préparation des campagnes de promotion/de publicité ou opérations visant à attirer de nouveaux souscripteurs
- Procédures administratives, notamment les taxes et droits de douane.

Le coût du soutien apporté par l'expert est subventionné par l'ASER à hauteur de 70% maximum. Cependant, cette subvention doit être remboursée après la mise en oeuvre du projet.

En général, le promoteur ou l'opérateur du projet devra préparer sa proposition par ses propres moyens, de sorte à s'imprégner de la situation du projet ; sachant que le manuel ne

concerne pas seulement les projets ERIL mais aussi aux concessions PPER avec l'électrification par voie photovoltaïque.

1) Utilisation des systèmes photovoltaïques

En ce qui concerne le marché des systèmes photovoltaïques dans les pays en voie de développement, les études réalisées par la It-Power Ltd. (UK Research Company) montrent que la demande devrait atteindre 12 GW dans les 10 années à venir. La répartition par zones et par utilisation est illustrée par le Schéma 9.3-1. La demande constituée par les ménages devrait occuper la première place, suivie par l'électrification des infrastructures scolaires et celle des systèmes de pompage.

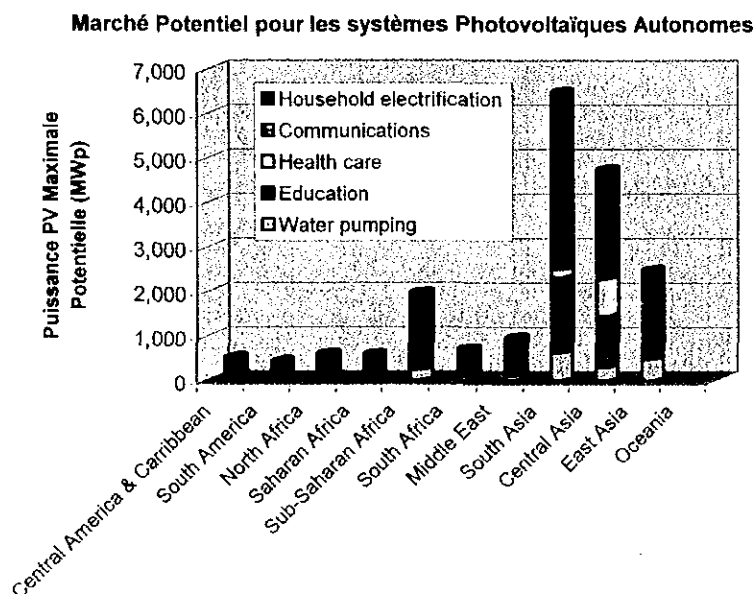


Schéma 3.1 Marché Photovoltaïque (It-Power)

2) Exemples concrets d'utilisation du système photovoltaïque dans les pays en voie de développement

Le Tableau 1.1. ci-dessus matérialise plusieurs exemples concrets d'utilisation du système photovoltaïque dans les pays en voie de développement. (Solar Photovoltaics for Sustainable Agriculture and Rural Development FAO 2000).

Entre autres, l'objectif principal de l'électrification rurale est l'électrification des ménages. Cependant, lorsque la mise en œuvre de l'électrification rurale est confiée

aux sociétés privées, ces dernières ne vont pas se limiter seulement au marché de l'électrification des ménages.

Tableau 3.1 Exemples concrets d'utilisation du système photovoltaïque dans des pays en voie de développement

Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> • Pompage de l'eau • Clôture électrifiée pour le bétail et la gestion du pâturage
Communautaire	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de pompage de l'eau, de dessalement et de purification • Eclairage des écoles et autres édifices communautaires
Domestique	<ul style="list-style-type: none"> • Eclairage, rendant possible les études, la lecture, les activités génératrices de revenus et une amélioration générale • Télévision, radio et autres petits appareils • Pompage de l'eau
Services Médicaux	<ul style="list-style-type: none"> • Eclairage des salles, de la salle d'opération et des locaux du personnel • Matériel médical • Réfrigération des vaccins • Communications (téléphone, systèmes de communication par radio) • Pompage de l'eau • Eclairage destiné à la sécurité
Petites entreprises	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes d'éclairage en vue de prolonger la durée des activités et augmenter la productivité • Electricité pour les petits équipements tels que machines à coudre, réfrigérateurs, moulins, recharge des batteries • Eclairage et fonctionnement des radios dans les restaurants, supermarchés et autres infrastructures

Source: Solar Photovoltaics for Sustainable Agriculture and Rural Development FAO 2000

3) Conditions d'utilisation du système photovoltaïque

La technologie photovoltaïque peut être utilisée sous diverses applications, en vue de l'électrification rurale. Ce sont notamment, les systèmes centralisés, les systèmes autonomes, les stations de recharge de la batterie et les systèmes hybrides.

a) Systèmes centralizes

Dans le cas du système centralisé de production d'électricité, les modules photovoltaïques et les batteries sont regroupés au sein d'un mini réseau à partir duquel se fait la distribution.

Le courant continu ainsi produit est transformé et est distribué aux abonnés à travers des lignes de distribution ayant la même tension que le réseau interconnecté et qui produisent de l'électricité en 220 V.

Quant à la taille du système, elle peut varier entre une dizaine et une centaine de kW alors que le nombre d'utilisateurs desservis par le réseau est compris entre une dizaine et une centaine de ménages.

Il est possible d'utiliser les appareils domestiques habituels et les machines ou équipements des petites et moyennes entreprises ou servant au système de pompage.

b) Systèmes autonomes

Pour ce type de système, un module photovoltaïque et une batterie sont installés dans chaque ménage ou infrastructure.

La production et la consommation d'électricité se font de façon autonome pour chaque système.

La taille du système varie une dizaine et une centaine de W.

L'électricité produite est du courant continu 12V et pour des puissances supérieures nécessite du courant alternatif à l'aide d'un onduleur qui permet l'alimentation des appareils électriques courants.

Ce système sera installé dans les ménages, écoles, dispensaires, supermarchés ou restaurants. Les applications possibles sont l'éclairage, le matériel audiovisuel: radio, radio cassette et télévision ou la réfrigération.

c) Stations de recharge des batteries (BCS)

Dans ce cas, des modules photovoltaïques sont installés en série et servent à recharger les batteries que l'utilisateur ramène après avoir épuisé le stock d'électricité qu'elles contiennent.

La tension des batteries est généralement de 6V ou 12V.

La taille du système varie entre une centaine de W à 10 kW. Elle est fonction du nombre d'utilisateurs qui adhèrent au projet.

La capacité des batteries est comprise entre des dizaines de Ah et 200 Ah. Elle dépend du poids de la batterie, à savoir son transport du ménage à la station de recharge.

Les applications autorisées sont l'éclairage et le petit matériel audiovisuel.

La fréquence de recharge est d'environ une fois par quinzaine selon la consommation de l'utilisateur. Il est recommandé aux utilisateurs de connecter la batterie au régulateur de décharge, de sorte à prolonger son cycle de vie.

d) **Systèmes hybrides**

Pour ce modèle-ci, on combine la production d'électricité par voie photovoltaïque à d'autres types telles que le diesel, la production éolienne ou la production hydroélectrique.

Il y a des types de systèmes avec ou sans batteries qui produisent du courant continu ou alternatif. La connexion au réseau est aussi un modèle de système hybride.

La taille du système est comprise entre des centaines de W et des centaines de kW, à la fois pour les systèmes centraux et individuels.

Les utilisations possibles dépendent de l'électricité produite pour chaque usager. Elles varient de l'option éclairage à celle permettant l'utilisation des appareils courants.

Le choix du système dépend des équipements que l'utilisateur veut utiliser, de la consommation électrique, du montant du recouvrement prévu et du type d'énergie disponible dans la zone.

4) Estimation du nombre d'utilisateurs

Le nombre d'utilisateurs potentiels sera défini par le PLE (Plan Local d'Electrification) que l'ASER va élaborer pour les zones devant être électrifiées en priorité.

Les points qui seront traités par le PLE sont :

- 1) Classification des villes situées dans les zones rurales concernées, notamment sur la base des critères suivants:
 - Nombre de villes de plus de 1.000 habitants ;
 - Nombre de villes de plus de 1.000 habitants situées à moins de 2 km du réseau MT ou à moins de 2 km d'une ville de plus de 1.000 habitants situées à moins de 2 km du réseau MT ;
 - Nombre et population des villes ayant des forages motorisés ;
 - Nombre de villes de moins de 250 habitants situés à plus de 2 km du réseau BT ou d'une ville de 1.000 habitants ;
 - Principales activités économiques.

- 2) Carte détaillée (1/50.000) de la zone concernée par le PLE réalisée à partir de la base de données du SIG de l'ASER, indiquant les villes, leurs populations respectives (le nombre d'habitants, de ménages et de foyers, le taux de croissance), les voies d'accès (routes, pistes), les infrastructures existantes ou à mettre en place susceptibles d'être électrifiées (forages, édifices publics, centres de santé, etc.), le réseau MT (existant ou prévu), générateurs existants et réseaux BT éventuels.
- 3) Mener des enquêtes pour déterminer la capacité et la volonté de l'échantillon choisi pour payer le service électrique dans chaque ville de plus de 1.000 habitants et dans 10 autres villes, en vue de déterminer avec concision : (i) les solutions courantes (source d'énergie et appareils) pour l'éclairage, le fonctionnement du matériel audiovisuel, la réfrigération, la climatisation ainsi que les dépenses relatives (énergie, entretien, coût de renouvellement) et (ii) les attentes des ménages en matière de service électrique en fonction de leurs capacités financières ;
- 4) Estimation des besoins de la communauté et de la production : commerce, artisanat, production agricole et transformation de la production, élevage, édifices publics (administration, infrastructures sanitaires, écoles, etc.) ;
- 5) Estimation des besoins de la communauté et de la production : commerce, artisanat, production agricole et transformation de la production, élevage, édifices publics (administration, infrastructures sanitaires, écoles, etc.) ;
- 6) Identification des éventuelles contraintes environnementales qui sont spécifiques à la zone concernée : réserve naturelle, forêt classée, vulnérabilité des ressources en eau (de surface et souterraine), patrimoine bâti protégé, etc.;
- 7) Analyse statistique et mise en place d'un modèle de consommation électrique ; tenant compte des villes électrifiées dans la même région, sinon à un contexte similaire ; de sorte à définir une hypothèse réaliste de consommation unitaire par ménage et communauté et/ou usagers productifs ;

- 8) Identification et collecte d'informations relatives aux projets d'électrification rurale en cours d'exécution et prévus dans les zones voisines qui pourraient influencer sur le développement de l'électrification dans la zone cible : Extension du réseau MT, synergies envisageables, etc. ;
- 9) Choix des options d'électrification les moins coûteuses, planification sommaire des modes d'électrification à mettre en œuvre, de sorte à atteindre (au moins) les objectifs du PASER, tout en indiquant notamment :
 - Le nombre de villes à électrifier par extension du réseau et les caractéristiques (longueur, spécifications) des antennes MT et des lignes BT ;
 - Nombre et caractéristiques (longueur, puissance installée et spécifications) des petits réseaux BT alimentés à partir de générateurs locaux, tout en indiquant la localisation des forages motorisés existants;
 - Nombre de villes qui peuvent être électrifiées par option solaire, etc. ;
- 10) Evaluation des coûts d'investissement et d'exploitation des différentes options d'électrification choisies, estimation du coût marginal du kWh pour chaque système et pour la zone entière, classification des systèmes à mettre en place par ordre de priorité.

Le nombre escompté d'usagers de l'électrification par voie photovoltaïque sera clarifié sous la rubrique (9), de même que le nombre de villes à électrifier par option solaire.

5) Modèle de Mise en Oeuvre d'un Projet d'Electrification Rurale par Voie Photovoltaïque

Le Schéma 3.2 représente un modèle de mise en œuvre d'un projet d'électrification par voie de SPF, dans une zone donnée par un opérateur privé.

En cas de mise en œuvre d'un projet ERIL, le promoteur du projet pourra être l'opérateur ou faire appel à une autre entité en tant que fournisseur de systèmes PV, expert, consultant ou à une ONG en tant qu'opérateur du projet.

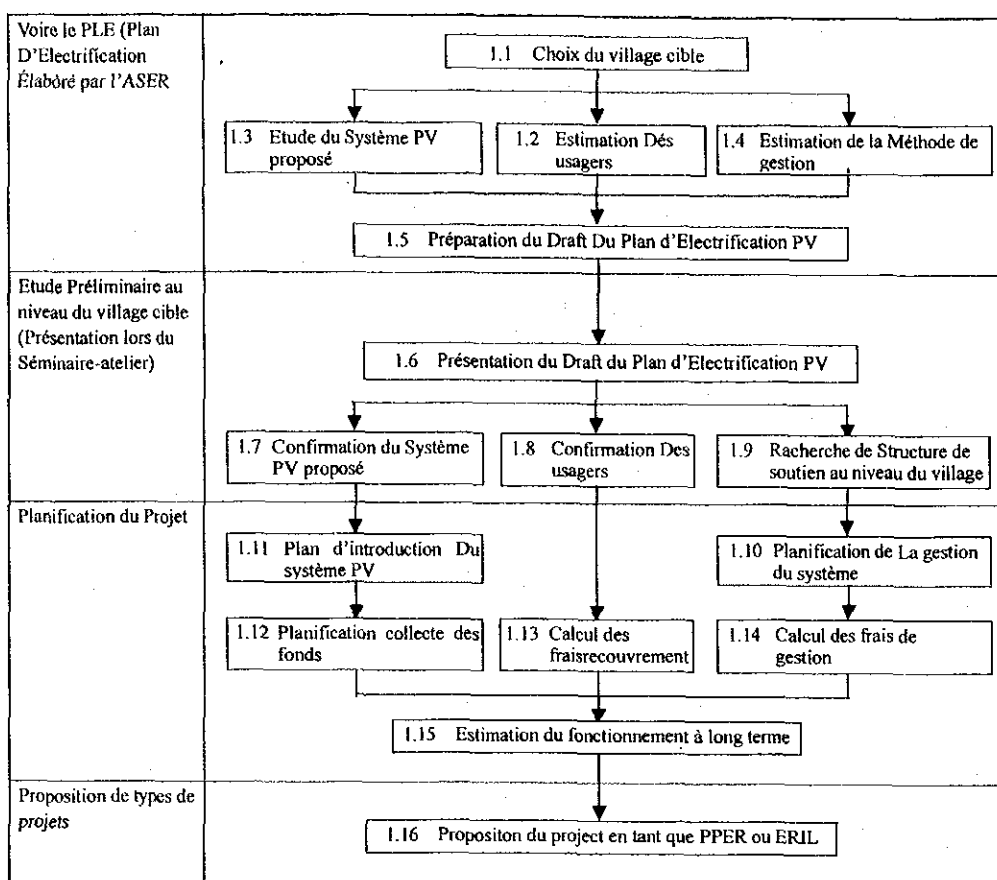


Schéma 3.2 Modèle de mise en œuvre d'un projet d'électrification par voie de SPF

2) Critère de Sélection des Zones (villages)

En ce qui concerne les projets ERIL, la communauté choisie représentera la zone objective alors que pour les concessions PPER, il faudra analyser les données du PLE élaboré par l'ASER et choisir une zone ou des villages à électrifier par voie de SPF.

Dans le PLE, les localités ciblées pour l'électrification par voie de SPF sont les villages situés à 2 km du réseau et ayant moins de 250 habitants. D'après l'étude de la JICA study team, notamment les rapports intitulés «Etude du Plan d'Electrification Rurale par voie Photovoltaïque en République du Sénégal» et «Plan de mise en œuvre de l'Electrification Rurale par voie Photovoltaïque» publiés en janvier 2001 il est supposé que lorsque la consommation électrique moyenne du ménage est de 200Wh/j, lorsque le village est situé à 0,6 km du réseau et que le nombre d'usagers est inférieur à 60, il faut procéder à l'électrification par SPF.

Il est préférable de mettre en œuvre l'électrification PV de façon efficiente, en regroupant les usagers dans une zone que le technicien local peut visiter au moins une fois tous les 2 mois. Ceci permet de garantir la maintenance des systèmes, sachant que le technicien local va couvrir une zone dans laquelle seront installés environ 100 systèmes.

En général, la demande latente est définie comme étant l'ensemble des ménages qui veulent bénéficier du service électrique, ce qui équivaut à l'ensemble des ménages des villages non électrifiés. Par ailleurs, sachant que l'électrification sera mise en œuvre par des privés, l'utilisateur doit être capable d'acheter un système PV ou de s'acquitter de la redevance mensuelle.

Du point de vue économique, la zone ou village cible devrait avoir des activités économiques génératrices de revenus et abriter une majorité des familles relativement riches.

3) Estimation du nombre d'Usagers

La méthode permettant d'estimer la demande latente dans une zone est décrite dans le rapport mentionné ci-dessus. Elle s'effectue à partir des données suivantes :

- Coût de la connexion au réseau, à un générateur diesel et coût de la production par PV
- Nombre de ménages dans le village
- Distance séparant le point du réseau existant
- Répartition des revenus dans la zone
- Répartition des revenus additionnels
- Consommation électrique journalière.

D'après le rapport, si un SPF de 30W coûte 350.000 FCFA et que celui de 50W est de 450.000 FCFA, on doit estimer dans chaque région la demande latente capable de payer une contribution initiale égale à 10% du coût du système. La demande latente approximative est représentée au Tableau 3.2.

Cependant, ce tableau n'exprime que la demande latente de chaque région et non de chaque village ou zone délimitée. Il est difficile d'estimer la demande latente de

chaque village. Pour accomplir cette tâche, il faudra collecter les données nécessaires ou se rapprocher des services communaux ou des personnes ressources qui connaissent bien la situation de ces zones ou villages.

Tableau 3.2 Estimation de la demande latente des régions

Région	Département	No. de CRs	No. de Village	No. D'Usagers	Total par Région	30W	50W
Dakar	Rufisque	1	7	164	164	5	159
Diourbel	Bambey	12	413	3.696	7.607	447	7.160
	Diourbel	10	341	2.254			
	Mbacké	11	275	1.657			
Fatick	Fatick	14	203	3.941	10.912	377	10.535
	Foundiougne	9	302	3.534			
	Gossas	12	273	3.437			
Kaolack	Kafrine	21	842	9.770	19.273	1205	18.068
	Kaolack	9	405	4.122			
	Nioro du Rip	11	453	5.381			
Kolda	Kolda	13	679	2.835	9.370	986	8.384
	Sédhiou	20	574	4.585			
	Vélingara	10	424	1.950			
Louga	Kébémér	16	777	3.549	11.801	1574	10.227
	Linguère	17	653	4.414			
	Louga	15	741	3.838			
Saint-Louis	Dagana	6	261	1.777	6.649	782	5.867
	Matam	12	276	3.071			
	Podor	10	158	1.801			
Tambacounda	Bakel	10	402	1.983	7.305	769	6.536
	Kédougou	10	222	1.461			
	Tambacounda	13	739	3.861			
Thiès	Mbour	8	150	2.091	8.400	600	7.800
	Thiès	9	356	2.703			
	Tivaouanc	14	849	3.606			
Ziguinchor	Bignona	15	280	3.374	5.182	451	4.731
	Oussouye	4	65	898			
	Ziguinchor	5	67	910			
Total		317	11.187	86.663	86.663	7.196	79.467

Source: Plan de mise en oeuvre de l'Electrification Rurale par voie Photovoltaïque janvier 2001
(JICA Study Team)

Nombre d'usagers potentiels pouvant se procurer un système de 30W

Nombre d'usagers potentiels pouvant se procurer un système 50W.

Les résultats de cette étude révèlent l'existence de 87.000 usagers potentiels pouvant se procurer des systèmes de 30W à 50W et 80.000 usagers pouvant acheter ceux de 50W.

(4) Etude du système PV proposé

1) Estimation de la consommation électrique

L'estimation de la consommation électrique est faite à partir des appareils à utiliser et de la durée de leur utilisation.

Les appareils utilisables sont : lampes, radio, radio cassette, télévision, réfrigérateur, machine à laver, ventilateur et pompe. Pour le SPF, les possibilités sont limitées aux appareils suivants : lampes, radio, radio cassette et télévision.

En l'an 2000, la JICA study team a confié à un consultant local une étude socio-économique qui a couvert 1.670 ménages, à travers le Sénégal.

A partir des résultats de cette étude, nous pouvons identifier plusieurs aspects relatifs à l'électrification rurale, tels que :

a) Nombre de lampes

La répartition du nombre de lampes dans les ménages est représentée au Tableau 3.3 Le nombre moyen de lampes par ménage est d'environ 4. Par ailleurs, la plupart de ces ménages ont 2 à 3 lampes.

Tableau 3.3 Nombre de lampes dans les ménages

No de chambres	Nombre de lampes														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-15	16-20	>20	N.A.	
1	16	2			1				1					6	26
2	55	76	13	1							2			11	158
3	28	92	109	17	4	1		1						18	270
4	14	52	93	104	16	3	2					1		11	296
5	8	35	58	46	60	7	2	3			2			11	232
6	9	25	22	39	22	53	4	3	1					11	189
7	4	6	11	20	26	5	26	4	2					4	108
8	2	7	12	12	19	9	7	15	3		3			3	92
9		2	4	13	5	2	3	6	6					6	47
10		5	5	7	4	7	6	3	1	7				1	5
11-15	1	2	6	11	12	13	7	6	4	11	18	2		5	98
16-20		1	3	2	4	4	2	3	1	1	5	4	1	7	38
>20			2	1	1	2	1			3	5	2	7		24
N.A.	3	13	7	6	2	2	1	1			1	1		5	42
Total	140	318	345	279	176	108	61	45	19	22	36	10	9	103	1.671

Source: Etude socio-économique commanditée par la JICA Study Team en 2000.

b) Possession d'appareils électriques

Le Tableau 3.4 représente la classification des régions selon la possession d'appareils électriques. A partir de ce tableau, nous voyons que la plupart des ménages possèdent des radios ou radio cassettes et que certains ménages en ont même plus d'une. Le nombre moyen de radios est de 1,6 et 1,8 pour les radios cassettes.

Le pourcentage de possession de télévisions varie selon la région. Par ailleurs, le désir d'avoir une télévision est important, ce qui fait que ce pourcentage va croître rapidement à l'avenir.

Tableau 3.4 Possession d'appareils électriques(%)

Region	Réfrigé- rat- eur	ventilat- eur	Radio Casset.	Radio	Chaine Stereo	TV Couleur	TV N/B	Autres	No de ménages
Diourbel	0,5	0,0	31,7	61,1	0,5	0,5	1,8	0,0	221
Fatick	0,0	0,6	21,1	39,4	1,1	1,1	2,2	0,0	180
Kaolack	0,5	0,0	34,3	51,2	0,0	1,0	0,5	1,0	201
Kolda	4,1	2,1	71,3	40,5	3,1	4,6	9,2	0,0	195
Louga	1,1	0,6	81,1	64,6	0,6	10,3	18,3	0,6	175
Saint Louis	1,4	1,4	73,3	53,4	1,4	8,2	13,7	1,4	146
Tambacounda	7,3	0,9	67,5	50,0	2,6	10,7	11,5	3,8	234
Thies	0,5	0,0	36,2	49,7	0,0	0,5	3,0	1,0	199
Ziguinchor	0,8	0,0	35,8	65,0	0,8	4,2	3,3	4,2	120
Tout le pays	2,0	0,6	50,1	52,2	1,1	4,5	6,9	1,3	1.671

Source: Etude socio-économique commanditée par la JICA Study Team en 2000.

c) Durée de l'utilisation des appareils

S'agissant des lampes à pétrole, la durée de leur utilisation a fait l'objet d'une étude. Le temps d'utilisation journalier des lampes pendant plus et moins de quatre heures de temps est égal au temps d'utilisation des lampes à gaz qui est d'environ quatre heures. On en déduit que le temps moyen d'utilisation des lampes est de quatre heures.

Le temps d'utilisation des télévisions, radios et radios cassettes n'est pas clairement défini cette fois ci, nous supposons qu'il sera de quatre heures par jour.

En cas de nécessité d'utilisation de bougies, nous recommandons plutôt des lampes à LED (Diode Electroluminescentes) dont la consommation électrique est beaucoup moins importante.

d) Exemples de consommation électrique

Type 1 : cinq lampes, TV couleur, radio, radio cassette

Type 2 : trois lampes, TV noir/blanc, radio cassette

Type 3 : deux lampes, quatre lampes à LED, TV noir/blanc, radio cassette

Type 4 : deux lampes, TV noir/blanc

La consommation électrique de chaque type a été calculée au Tableau 3.5.

Tableau 3.5 Exemple de Consommation Electrique

Appareils	Consommation (W)	Durée d'utilisation (Heure)			
		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
Lampe FL 8W	8	4	4	4	4
Lampe FL 8W	8	4	2	2	2
Lampe FL 8W	8	4	2		
Lampe FL 8W	8	2			
Lampe FL 8W	8	2			
Lampe à LED	0,7			8	
Lampe à LED	0,7			8	
Lampe à LED	0,7			8	
Lampe à LED	0,7			8	
TV couleur	30	4			
TV N/B	12	4	4	4	4
Radio-cassette	10	4	4	4	
Radio	5	4			
Consommation Totale	Wh/jour	308	152	158,4	96

2) **Dimensionnement des Systèmes**

La taille des systèmes est définie sur la base de l'ensoleillement du site, de la capacité du module à produire de l'électricité et la capacité de la batterie à stocker l'électricité produite.

a) Ensoleillement

L'ensoleillement varie en fonction de la saison et de l'endroit. Par ailleurs, le système photovoltaïque devrait produire de l'électricité même pendant le mois le moins ensoleillé.

L'ensoleillement varie aussi en fonction de l'inclinaison du module photovoltaïque qui reçoit les rayons solaires.

L'ensoleillement du module est maximisé lorsque l'angle d'inclinaison est égal à la latitude du site où il est installé ; que ce soit l'ensoleillement total annuel ou le mois le moins ensoleillé. Le Tableau 3.6 représente des exemples d'ensoleillement de certaines zones du Sénégal.

Tableau 3.6 Ensoleillement au Sénégal (Horizontal à 15°)

Situation	Angle	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Kaolack	0	4,87	5,73	6,07	6,55	6,32	5,71	5,18	5,39	5,50	5,45	4,89	4,43
	15	5,76	6,46	6,48	6,63	6,16	5,50	5,05	5,41	5,73	6,01	5,61	5,30
St-Louis	0	4,14	4,95	5,90	6,41	5,98	5,59	5,43	5,28	5,38	5,10	4,60	3,75
	15	4,91	5,61	6,34	6,53	5,88	5,43	5,32	5,31	5,65	5,66	5,41	4,50
Kédougou	0	5,28	5,95	6,11	6,50	5,94	5,59	5,31	5,08	5,43	5,52	5,19	4,89
	15	6,22	6,68	6,50	6,56	5,78	5,37	5,16	5,09	5,64	6,07	6,03	5,84
Dakar	0	4,67	5,36	6,3	6,69	6,24	5,87	5,29	4,87	5,36	5,33	5,11	4,28
	15	5,54	6,06	6,67	6,79	6,10	5,67	5,17	4,91	5,61	5,90	6,00	5,14

Data: Siemens

Ce tableau montre qu'au Sénégal le taux d'ensoleillement le plus faible est enregistré en décembre à Saint-Louis et est de 4,5kWh/m²/jour.

b) Capacité du module photovoltaïque

La capacité du module photovoltaïque

$$= \text{Consommation électrique} / (\text{Ensoleillement} \times \text{efficacité totale})$$

Efficacité totale

$$= \text{Perte d'efficacité due à la température du module PV (0,9)} \times \text{efficacité de charge (0,8)} \times \text{perte due aux câbles et autres (0,9)} = 0,65$$

c) Capacité de la batterie

La capacité de la batterie

$$= \text{Consommation électrique} \times \text{jour sans ensoleillement} / (\text{efficacité de la décharge de la batterie} \times \text{profondeur de décharge})$$

Efficacité de la décharge de la batterie

$$= \text{perte due au régulateur (5\%)} + \text{Perte due aux câbles (5\%)} = 0,9.$$

Période de non-enseillement = supposé être 3 jours,

Profondeur de la décharge (DOD): Batterie solaire
= 80%, Batterie automobile = 50%

Le calcul de la capacité du module photovoltaïque et de la batterie pour les types de consommation figure ci-dessus au Tableau 3.6 et au Tableau 3.7 ; si l'on suppose que l'enseillement le plus faible est de 4,5kWh/m²/jour et que la profondeur de la décharge (DOD) est de 50%.

Tableau 3.7 Capacités du Module Photovoltaïque et de la Batterie

		Type1	Type2	Type3	Type4
Consommation électrique	Wh	308	152	158,4	96
Capacité du module PV	W	105	52	54	33
Capacité de la batterie	Ah	171	84	88	53
Capacité recommandée du module PV	W	100 ou 55 x 2	50 ou 55	50 ou 55	30 ou 36
Capacité recommandée du module PV	Ah	200	100	100	50 ou 60

Il y aura plusieurs combinaisons de capacités pour le module PV et la batterie. Le projet va fournir plusieurs types de systèmes pour satisfaire la demande des usagers. Ces derniers vont choisir une option en fonction de leur consommation électrique et de leur capacité de paiement.

3) Estimation du montant que peut payer l'utilisateur

Il est important dans le choix du système de savoir que le montant que l'utilisateur est capable de payer pour un SPF.

Sur la base de l'estimation des usagers potentiels présentée au Tableau 3.2, toute personne capable de payer une contribution initiale égale à 10% ou qui peut payer un acompte sur ses revenus additionnels ou de s'acquitter de la redevance mensuelle peut être prise en compte.

Autrement dit, la redevance mensuelle pourrait servir à l'achat de pétrole et de piles sèches pour la lampe et la radio ou la radio cassette. Elles seront remplacées l'électricité générée à partir d'un système photovoltaïque.

Dans le cadre du PLE, une étude sera faite sur les dépenses en pétrole et piles sèches ; même si la JICA study team a déjà commandité une étude socio-économique dont les résultats figurent au Tableau 3.8.

Tableau 3.8 Répartition des Dépenses pour l'Eclairage et les Piles Sèches selon Le Revenu Annuel et Nombre d'individus par Ménage

Nombre d'individus par ménage	Revenus Annuels 1.000FCFA							Moyenne
	< 300	300-600	600-800	800-1.000	1.000-2.000	2.000-3.000	< 3.000	
Echantillon	495	490	160	130	195	66	71	
< 6	26.650	30.715	28.062	99.920	47.294	50.300		31.492
6-10	33.708	42.224	49.712	51.281	99.727	75.722	97.686	46.590
11-15	38.681	46.978	54.445	60.003	66.188	43.607	79.067	48.990
16-20	42.834	45.830	82.037	74.519	97.982	98.554	101.443	66.023
21-25	42.051	62.093	126.236	99.982	95.762	95.469	136.307	88.499
26-30	77.185	80.964	34.560	214.200	84.043	143.200	186.825	115.896
31-35	153.360	92.400	163.980	178.800	251.000	60.600	101.810	148.347
36-40		154.200	95.700	122.400	62.700	220.733	201.283	165.263
< 41	65.580	251.980			368.500	128.344	207.507	184.572
Moyenne	34.848	45.880	65.392	74.749	91.973	93.392	141.549	57.437

Source: Etude socio-économique commanditée par la JICA Study Team en 2000.

Ce tableau est surtout constitué de dépenses de pétrole pour les lampes et de piles sèches pour les radios et radios cassettes ; même s'il contient des frais pour l'achat de piles sèches pour les lampes de poche, qui ne représentent qu'une faible part de la dépense totale.

Les dépenses augmentent proportionnellement aux revenus annuels et au nombre d'individus par ménage.

Les dépenses pour l'éclairage et l'achat de piles sèches sont estimées à plus de 7.000 FCFA par mois pour les ménages considérés comme faisant partie de la demande latente de l'électrification par SPF (revenus annuels s'élevant à plus de 1.000.000 FCFA).

(5) Prise en compte de la méthode de gestion de l'électrification par SPF

Il y a plusieurs méthodes d'introduction des systèmes photovoltaïques dans les zones rurales. Nous allons en distinguer quatre que sont : vente au comptant et à crédit, crédit-bail et la vente de services.

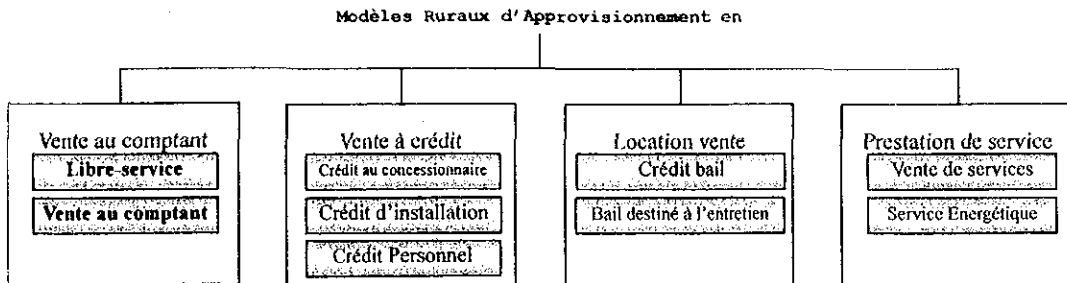


Schéma 3.3 Représente les Modèles Ruraux d'Approvisionnement en Energie par le ISES Fraunhofer Institut Solare Energie Systeme.

- a) **Vente au comptant** : Le modèle de vente au comptant correspond à la vente (au comptant) du système photovoltaïque. Les conditions d'installation et de maintenance sont définies d'après la négociation entre le vendeur et le client.
- b) **La vente à crédit** : Le modèle de vente à crédit correspond à la vente (à crédit) du système. Il y a divers modes d'allocation de crédit. Les conditions d'installation et de maintenance ; durant la période de validité du crédit, sont définies d'après une négociation entre le vendeur et le client.
- c) **La vente par bail** : Le modèle de la location correspond à la vente (par bail) sur le long-terme du système PV, avec des frais pour l'allocation du bail. Les conditions d'installation et de maintenance ; durant la période de validité du bail, sont définies par la société signataire. L'obligation de renouvellement des composantes du système est stipulée dans le contrat.
- d) **Vente par ESCO** : Le modèle de vente ESCO consiste en l'installation d'un système par la société prestataire de service chez l'utilisateur. Cette dernière est chargée de la maintenance et du renouvellement des composantes du système. L'utilisateur

paie les frais d'installation et la redevance mensuelle pour le service électrique dont il bénéficie.

La comparaison de la vente au comptant et du modèle de vente ESCO permet de conclure que le second modèle sera plus approprié pour l'introduction du système photovoltaïque.

Le Tableau 3.9 donne les raisons qui justifient la recommandation du modèle de vente ESCO en tant que mode de gestion de l'électrification rurale par voie photovoltaïque.

Tableau 3.9 Comparaison du système de vente au comptant et de la méthode ESCO pour la mise en œuvre de l'électrification rurale par voie photovoltaïque

Problème du système de vente au comptant	Solution par l'introduction du modèle ESCO
L'utilisateur sera choisi parmi les populations plus riches qui sont capables d'acheter le système PV à un prix élevé ou de le faire installer à crédit sur 2 ou 3 ans.	Le modèle ESCO permet de bénéficier d'un crédit à un taux concessionnel et d'obtenir des coûts (de vente) mensuels du service relativement faibles. Lorsqu'on acquiert un système PV auprès d'une ESCO, du fait d'un phénomène d'économie d'échelle, le coût est moins élevé que si on l'achète individuellement.
Les coûts des transactions sont élevés parce que le marché des systèmes PV ne concerne qu'un segment de la population rurale dispersée à travers la zone.	Le coût de la transaction peut être réduit d'autant plus que l'augmentation de la demande latente rend le service abordable dans une zone limitée ; ce qui permet d'identifier les usagers potentiels pour l'introduction du modèle ESCO.
Il est difficile de procéder à une maintenance préférentielle, sachant que les populations n'ont pas l'habitude de payer des frais de maintenance après l'achat des systèmes. Sans maintenance préférentielle, la durée de vie de la batterie sera réduite.	Dans le modèle de vente ESCO, un technicien local sera chargé de la maintenance périodique des batteries ainsi que de la maintenance préventive ; de sorte à améliorer l'état du système.
Dans le modèle de vente au comptant les populations ont tendance à acheter les systèmes PV les moins coûteux, constitués d'un module et d'une batterie plus petits et de composants de moindre qualité.	Dans le modèle de vente ESCO, le système PV est assemblé de sorte à réduire le coût de son cycle de vie, par la prise en compte de la taille du module PV, de la batterie et la qualité des composants du système.
Dans le modèle de vente au comptant, les populations ont tendance à acheter des composants plus abordables de qualité moindre au lieu de les remplacer ; ce qui réduit le cycle de vie du système PV.	Dans le modèle de vente ESCO, les composants à renouveler sont standardisés et disponibles en stock. Ce qui permet leur renouvellement peu de temps après la requête.
Les usagers abusent de leurs propres systèmes. Et une fois qu'ils sont propriétaires, on ne peut les empêcher d'en faire autant.	Dans le modèle de vente ESCO, il est possible de confisquer le système lorsque des abus ou des transformations sont notés. Le technicien local est chargé d'y veiller durant ses visites de maintenance chez les usagers.
Les populations vont hésiter à acheter les systèmes s'ils espèrent une extension du réseau dans un futur proche; ce qui entraînerait la non-utilisation des systèmes nouvellement acquis.	En cas d'extension du réseau, le modèle ESCO va reprendre ses systèmes et arrêter la collecte des redevances. Ces systèmes seront réinstallés dans une autre zone non-électrifiée.

L'allocation de crédit n'offre aucun avantage par rapport à la vente au comptant lorsque l'échéance du prêt est courte. Le modèle de location vente est similaire au modèle ESCO pendant la durée du bail, à moins que le système ne soit racheté du système à la fin du bail.

Lorsque le modèle ESCO est introduit dans une zone et que les populations comprennent le fonctionnement du système PV, il est possible d'introduire un système de vente au comptant à condition que les populations en expriment le désir. Dans ce cas, l'ESCO acceptera d'assurer la maintenance en échange d'une rémunération.

(6) Proposition de Projet d'Electrification Rurale par Voie Photovoltaïque dans la Zone

1) Estimation du nombre d'usagers

En ce qui concerne le projet, il est nécessaire de le mettre en œuvre avec la présence dans la zone d'un certain nombre d'usagers.

Il est recommandé d'en avoir environ 300 qui peuvent être dispersés dans des villages de la zone, couverte par un opérateur privé et trois ou quatre techniciens locaux.

Un opérateur privé sera chargé de gérer trois à quatre techniciens locaux qui vont s'occuper individuellement de 70 à 120 systèmes dans les villages qu'ils couvrent.

2) Planification du système photovoltaïque

La planification du système photovoltaïque devant être proposé commence par le choix des composantes du système, en tenant compte de la situation de la zone ou des villages. Les composantes du système sont : le module PV, le support du module, le régulateur de charge, la batterie, les lampes et autres.

Les détails concernant les spécifications sont définis pendant la période de mise en œuvre.

a) Le module photovoltaïque

Les modules photovoltaïques sont classifiés selon leurs matériaux et structures. On peut procéder à une catégorisation plus large, avec la prise en compte du

groupe silicone qui est basé sur des matériaux en silicone et du groupe composé qui est basé sur des matériaux semi-conducteurs composés. Voir Schéma 3.4

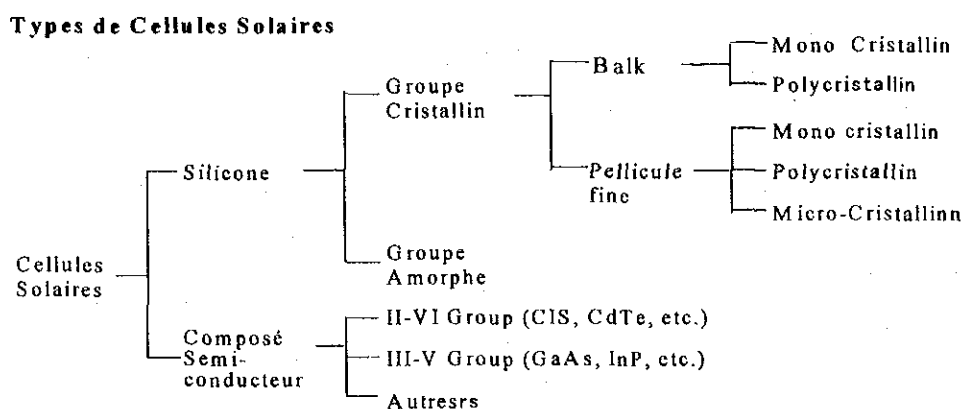


Schéma 3.4 Types de Cellules Solaires

Le groupe silicone est subdivisé en sous-groupes cristallin et amorphe, alors que le groupe composé est subdivisé en groupe II - VI (CIS, CdTe, etc.), en groupe III - V (GaAs, InP, etc.), etc.

Les modules photovoltaïques les plus connus sont fabriqués à base de silicone ; ce sont notamment : les modules mono cristallin, poly cristallin et amorphe. La taille du module est normalement de 50 à 200 W/module.

L'efficacité type du module est de :

Mono cristallin : 12 à 15%, poly cristallin : 11 à 14% et amorphe : 5 à 7% et les fabricants ont garanti son efficacité pour 10 à 15 ans.

b) Le support du module photovoltaïque

Le module PV peut être monté de différentes façons : sur toit, sur poteau, au sol ou sur un support mural.

La méthode sera définie en fonction de la situation du ménage et du système PV à installer. Il faut que la structure au niveau du toit ou du mur soit assez solide, et qu'un support soit disponible ; au cas où ils ne sont pas assez solides, il faut procéder au montage sur un poteau au sol.

c) Le régulateur de charge

Pour que la batterie puisse atteindre la durée de vie prévue, il faudrait installer un régulateur de charge; de sorte à empêcher les surcharges ou décharges excessives.

Il y a deux types de régulateurs de charge, le semi-conducteur et le relais mécanique.

Le semi-conducteur est doté d'un transistor MOS pour contrôler l'action de la commande. D'autres types ont un micro processeur pour contrôler les fonctions sophistiquées telles que la correction des écarts de température.

La plupart de ces modèles éliminent le système PV pendant la période de HVD (Déconnexion par tension élevée. Ce modèle est appelé shunt et produit de la chaleur pendant la période de HVD. Il est donc nécessaire de les concevoir avec un conditionneur de température pour en absorber la chaleur produite.

Dans le cas des modèles shunt et séries, le relais permet de contrôler l'action de la commande. Ses fonctions sont simples et il est relativement puissant contre les surtensions causées par la foudre.

Récemment, la technologie de la Modulation en impulsions (PWM) a été introduite pour contrôler la charge courante par la variation du pulse width et du temps. Lorsque la batterie est déchargée le pulse width se met en marche de façon permanente. A mesure que la tension de la batterie augmente, le pulse width décroît réduisant lentement l'ampleur de la charge courante.

Ce PWM peut être appliqué aux types de régulateurs shunts ou séries de régulateurs. Il est possible de contrôler avec plus d'exactitude la façon dont la batterie subit la charge pleine tout en réduisant la température.

Récemment, un nouveau type de régulateur intégrant un système de paiement a été introduit. Il permet à la fois de contrôler la charge électrique et de vérifier que la carte prépayée ou médaille est fonctionnelle.

La carte prépayée ou médaille est disponible dans les boutiques ou KIOSQUES du village à la portée des usagers. Ces derniers peuvent se les procurer afin de bénéficier du service électrique. Le fournisseur du système va collecter les fonds auprès des boutiques ou Kiosques au lieu de recourir à une collecte individuelle.

d) Batterie

Il y a plusieurs types de batteries et leurs caractéristiques figurent aux Tableaux 3.10 et 11.

La batterie est une composante importante du système PV qui requiert un niveau de charge profonde, un long cycle de vie et une maintenance facile. Les batteries solaires et les batteries scellées (au gel) sont destinées à une utilisation photovoltaïque.

Le choix d'une batterie solaire ou scellée dépend du projet. S'il y a des techniciens locaux pour assurer la maintenance périodique des systèmes, la batterie solaire qui est dotée d'ouverte est préférable. Au cas contraire ; c'est à dire si les usagers doivent assurer la maintenance eux-mêmes, il est préférable de choisir la batterie scellée qui ne nécessite aucune maintenance.

Tableau 3.10 Caractéristiques des batteries

Type de Batterie	Utilisation	Caractéristiques
Batterie automobile	Allumage de voitures et de camions	Décharge optimisée d'un courant puissant en peu de temps et recharge aussitôt après.
Batterie de traction	Voitures électriques	Planifiée pour de profond cycle de décharge et ayant tendance à perdre de l'eau à un rythme plus rapide.
Batterie immobile	Système d'urgence, télécommunications, etc.	Faible pourcentage d'auto-recharge et un cycle de vie long avec un cycle de recharge réduit.
Batterie solaire	Système photovoltaïque	Cycle de vie élevé pour la décharge profonde. La consommation en eau distillée est faible tout comme le pourcentage d'auto-recharge.
Batterie Scellée ou au gel	Système photovoltaïque	Réduire le gassing (électrolyse de l'eau) à un niveau minimum qui empêche le processus pouvant entraîner un rajout d'eau. Il n'y a pas de déversement de liquide provenant de la batterie. Il n'y a pas d'entretien de la batterie.

Source: Rural Lighting A guide for development workers Intermediate Technology Publication

Tableau 3.11 Durée de vie et Coût Approximatif des Batteries

Type de Batterie	Auto décharge	Profond. de la décharge	Cycle de vie	Durée de vie	Coût Approximatif (<100Ah)	(>100Ah)
	%/mois	%	Nombre	Ans	US\$/kWh	US\$/kWh
Batterie automobile	30	20 80	300-600 20	1-3	100-150	80
Batterie de traction	5-7	80	1500	4-6	200-400	200
Batterie immobile	3	50 80	3000 1200	5-10	300-400	250
Batterie solaire	1-3	50	3000	5-10	250-350	200
Faible antimoine	3	80	1200			
Batterie Scellée ou au Gel	2-6	20 50	400-1500 400-1000	4-8	150-500	200

Source: Rural Lighting A guide for development workers Intermediate Technology Publication

e) Lampes

Les lampes des systèmes photovoltaïques sont en générale des lampes fluorescentes ou des lampes CFL (lampes fluorescentes compactes). Les CFL fonctionnent de la même manière que les lampes fluorescentes standards. La différence principale réside dans le fait que les CFL sont plus petites et les tubes sont pliés en deux et quelques fois montées par paires.

Il y a deux types de CFL :

Le type integral : le ballast est fixé au bas de la lampe

Le type modulaire : le ballast est séparé du tube de la lampe.

Les caractéristiques des lampes fluorescentes et des CFL figurent au Tableau 3.12

Tableau 3.12 Caractéristiques des Lampes Fluorescentes et des CFL

Rubriques	Lampes Fluorescentes	CFL	Lampes Incandescentes
Luminosité	35 à 78 lm/W	48 à 80 lm/W	8 à 18 lm/W
Puissances	4 à 125 W	9 à 23W pour le type intégral 5 à 55w pour le type modulaire	0.75 à 1.000 W
Vie	5.000 à 8.000 h	8.000 à 10.000h	15 à 1.000h
Puissance nécessaire	CA à partir de 100V CC à partir de 3V avec onduleur/transformateur	CA à partir de 100V CC à partir de 12V avec onduleur/transformateur	CA ou CC, à partir de 1.5V
Autres	Mauvais pour l'éclairage de courte durée	Mauvais pour l'éclairage de courte durée	Eclairage pour une très courte période

Source: Rural Lighting A guide for development workers Intermediate Technology Publication

f) Câbles et autres

La taille des câbles devrait être prise en compte, de sorte à limiter la perte de puissance à un certain niveau spécifique et choisir des matériaux isolants et enveloppants pour une utilisation interne ou externe.

Il arrive que la batterie soit logée dans une boîte qui ferme à clef pour la sécurité des usagers et pour empêcher une connexion directe de la batterie.

Les interrupteurs, prises de courant et boîtes de dérivation sont des sous composantes des câbles.

3) Estimation du Coût du Système Photovoltaïque

Le prix du système photovoltaïque est estimé à partir du cumul du coût des composantes et de celui du transport/installation.

Le prix des composantes varie en fonction des spécifications et des conditions d'achat. Les spécifications prennent en compte non seulement la contribution initiale mais aussi le coût du cycle de vie financier du système.

Ce schéma montre les prix de distribution des principales composantes du système au Sénégal en 1999.

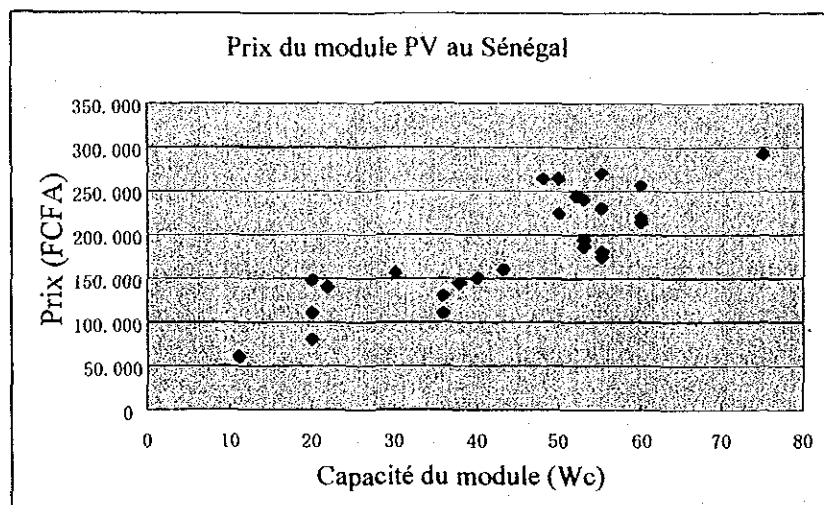


Schéma 3.5 Prix de Distribution des modules PV en 1999

Etude provisoire de la JICA

Le prix du module PV est fonction de sa capacité. Son prix unitaire par Wc, est de 8 US\$ pour celui de 30Wp et 5 à 7 US\$ pour celui de 50 à 60Wp. Le prix de vente à l'usine est d'environ 4 US\$/Wc, ce qui laisse une marge de 1 à 3 US\$/Wc. Le prix départ usine en 2005 et 2010 serait de l'ordre de 3 US\$/Wc et 2 US\$/Wc; ce qui fait qu'au Sénégal les prix seraient respectivement de 4 à 5 US\$/Wc en 2005 et 3 à 4 US\$/Wc en 2010.

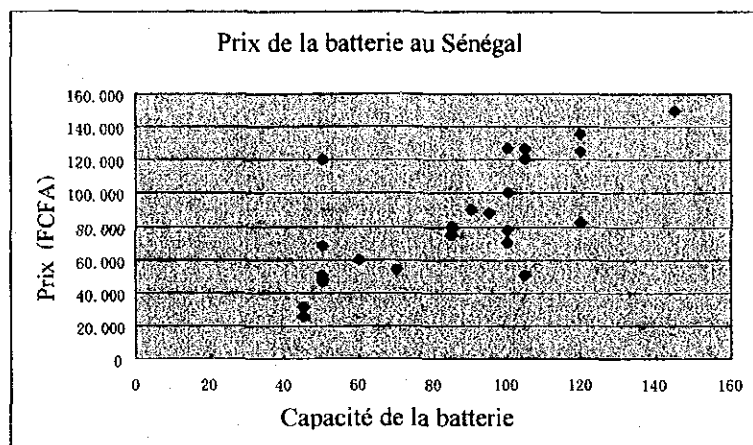


Schéma 3.6 Prix de Distribution la batterie en 1999. Etude Provisoire de la JICA.

Le prix de la batterie est aussi fonction de sa capacité. Cependant, les prix diffèrent pour un même modèle, par exemple la batterie automobile coûte moins cher que la batterie solaire et la batterie Scellée ou au gel coûte plus cher que le modèle ouvert sans protection.

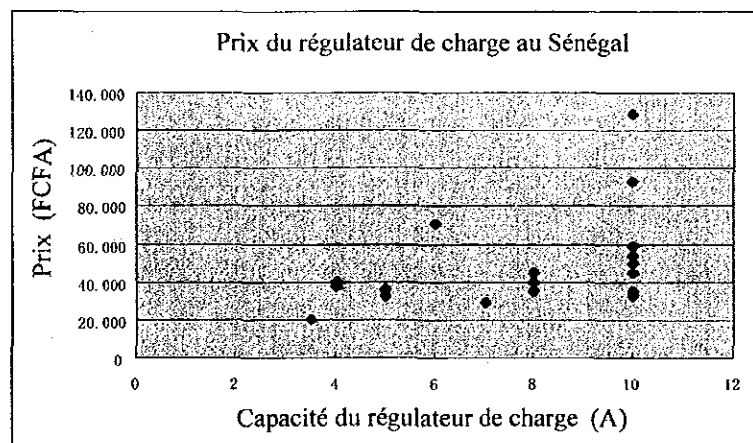


Schéma 3.7 Prix de Distribution du Régulateur de Charge en 1999.
Etude Provisoire de la JICA.

Le prix du régulateur de charge ne dépend pas de sa capacité. La variation des prix pour un même modèle est importante selon les spécifications et la marque. Le régulateur de charge est une composante essentielle pour la performance du système. Il est recommandé de choisir une marque qui sied bien au système.

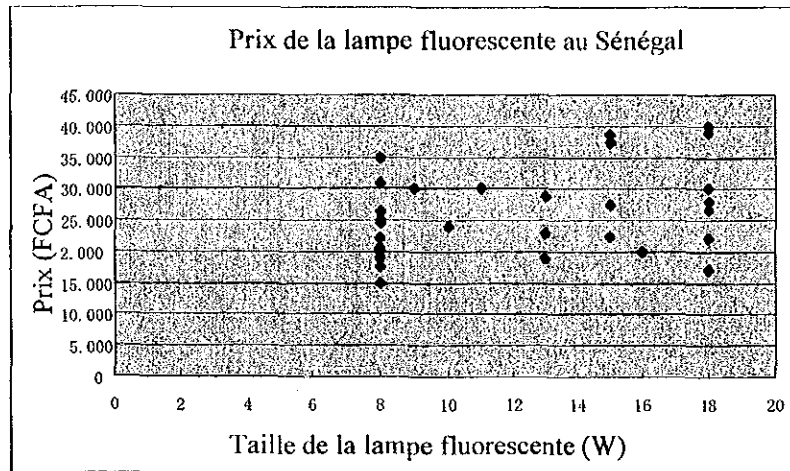


Schéma 3.8 Prix de Distribution de la lampe fluorescente en 1999.
Etude Provisoire de la JICA

Le prix d'une lampe fluorescente n'est pas fonction de sa taille. Les différences de prix pour un même modèle sont dues au type de lampes, lampe de type ordinal et lampe de type compact. Dans le modèle de vente ESCO, les frais de renouvellement des lampes sont à la charge de l'utilisateur, ce qui fait qu'on utilise en général le type ordinal qui est le moins coûteux.

Les autres composantes du système photovoltaïque sont le support du module PV, les câbles, les interrupteurs et prises pour les appareils qui sont aussi disponibles sur le marché domestique.

4) Evaluation du coût de la gestion

Il s'agit d'évaluer le coût de gestion du modèle de vente ESCO. Il est préférable de gérer le projet ESCO de vente de systèmes PV de façon autonome. A ce stade, il peut sembler difficile à une compagnie privée de gérer un ou deux projets de façon autonome. Mis à part les techniciens locaux, les autres intervenants interviendront dans le projet à temps partiel ce qui augmente de 20% les frais directs de personnel.

Le Tableau 3.13 représente un exemple du coût de gestion de 300 systèmes PV

Tableau 3.13 Exemple du Coût de Gestion

Personnel	Nombre	Engagé pour le PV (%)	Coût unitaire (FCFA/mois)	Coût annuel FCFA
Gestionnaire	1	20	500.000	1.200.000
Comptable	1	20	200.000	480.000
Ingénieur PV	1	50	200.000	1.200.000
Assistant	1	50	100.000	600.000
Technicien Local	3	100	50.000	1.800.000
Total				5.280.000
Dépenses	20 % du coût du personnel			1.056.000
Total général				6.336.000
Pour chaque système				21.120

Tableau 3.14 Le Rôle du Personnel dans l'Organisation de la Gestion et Profil de l'Emploi

Personnel	Profil de l'emploi
Gestionnaire	Planification du projet, Explication sur le site, Mise en œuvre et gestion du projet, Négociation avec l'ASER/AVU
Comptable	Achat du matériel, collecte des redevances, Dépenses, Contrôle du budget, Gestion des dépôts (Fond de renouvellement)
Ingénieur PV	Prise de décision pour les spécifications du système, Soutien pour l'achat, Vérification du matériel, Vérification des travaux d'installation, Prise en charge des systèmes à problème, Formation du technicien local, Education de l'utilisateur, Renouvellement des composants du système, Confiscation des systèmes des mauvais payeurs.
Assistant	Assistant de l'Ingénieur PV, Gestion du matériel en stock, Tenue d'un registre des systèmes, Tenue d'un registre par le technicien local
Technicien Local	Maintenance des systèmes PV, Vérification du mode d'utilisation de l'utilisateur, Recueillement des commentaires de l'utilisateur

5) Estimation approximative des redevances

Les redevances peuvent être estimées approximativement à partir du coût estimé de la gestion représentée au Tableau 3.13 et du coût annuel d'amortissement ci-dessous au Tableau 3.15.

Voici à titre d'exemple, le coût annuel d'amortissement pour un système PV de 50W dont le prix est estimé à 450.000 FCFA. Ses différentes composantes ainsi que leurs cycles de vie supposés sont représentés au Tableau 3.15.

Tableau 3.15 Exemple du Coût d'Amortissement Annuel

Composantes du système	Coût en FCFA	Durée de vie (ans)	Coût annuel d'amortissement
Module PV (Wc)	180.000	20	9.000
Régulateur de charge (A)	35.000	10	3.500
Batterie (Ah)	73.000	4	18.000
Quatre lampes	52.000	10 (Convertisseur)	5.200
Poteau, Câbles, etc.	65.000	20	3.250
Installation, Transport	45.000	20	2.250
Total	450.000		41.200

La somme des coûts d'amortissement et de gestion s'élève à 62.320 FCFA, ce qui donne un coût mensuel de 5.200 FCFA. Pour calculer la balance d'inventaire à long-terme de ce montant ; en tant que coût mensuel, il faut prendre en compte le mode de collecte du fond d'investissement initial et le montant des investissements futurs et le taux de rentabilité avant de pouvoir définir la redevance mensuelle.

(7) Explication du plan d'électrification par voie photovoltaïque

Il s'agit de visiter les villages choisis ou une zone et d'expliquer le plan d'électrification par voie photovoltaïque et le mode de fonctionnement et de gestion. Il faudra aussi interviewer les candidats à l'électrification PV et recueillir leurs attentes. Les explications porteront sur les points suivants :

1) Qu'est-ce que la production d'énergie photovoltaïque et quelle est la raison de son introduction dans les villages choisis ?

Il s'agit du principe de production d'énergie PV (i) avantages du système PV tels que : il n'a pas besoin de combustible sachant que le soleil est sa source d'énergie propre et sûre, il est facile à installer ; (ii) inconvénients du système PV tels que : la limitation de la production énergétique qui est moins importante selon que les journées sont nuageuses ou pluvieuses.

En ce qui concerne la raison de l'introduction du système PV dans cette zone, il faut expliquer qu'une extension du réseau ou l'électrification par diesel n'est pas prévue dans un futur proche et qu'il vaut mieux bénéficier de l'électricité le plutôt possible.

2) Explication concernant le système PV à introduire

Si aucun système PV n'a été introduit dans le village ou dans une zone voisine, les populations auront du mal à imaginer ce qu'est un système PV. Il est donc préférable

de leur montrer le système PV à introduire dans cette zone et son mode de fonctionnement ; spécialement la luminosité et la commodité des lampes.

3) Explication concernant la gestion du système

En cas d'introduction du modèle de vente ESCO, la différence de prix pourrait être expliquée par le fait que le système installé chez l'utilisateur appartient à l'ESCO, le renouvellement des composants est à la charge de l'ESCO, la maintenance régulière est faite par le technicien local engagé par l'ESCO. Donc, l'utilisateur consomme l'électricité produite sans trop se soucier du système en échange de la redevance mensuelle qu'il paie.

4) Explication concernant la redevance mensuelle

L'utilisateur devra payer une contribution initiale pour l'installation du système PV et après consommation, il devra s'acquitter régulièrement d'une redevance mensuelle. A ce stade, le montant de la redevance est provisoire. Cependant, quand la mise en œuvre du projet sera décidée ; en accord avec l'ASER, un contrat définissant le montant final sera signé entre l'opérateur et l'utilisateur.

5) Autres

Explication concernant le choix des techniciens locaux parmi les candidats du village ou des zones voisines.

(8) Clarification concernant le design du système photovoltaïque

Il s'agit de clarifier le design du système proposé en tenant compte de la demande exprimée lors des discussions sur le site du projet. Il faut également statuer sur la recevabilité ou la non recevabilité des demandes.

(9) Clarification concernant les usagers candidats

Il est question de cibler un nombre de ménages qui sont candidats à l'électrification par voie photovoltaïque (inscription provisoire).

(10) Investigations par rapport aux structures existantes dans le village

Il s'agit d'identifier les groupements ou associations qui pourraient soutenir l'introduction ou la gestion du système photovoltaïque au niveau du site. Ou étudier la possibilité d'organiser les usagers candidats, de sorte qu'ils se soutiennent mutuellement.

(11) Prévision d'une structure de gestion du système

1) Conditions Requises pour la mise en place d'une RESCO (Rural Energy Service Company)

- a) *Des subventions ne devraient être accordées que pour la constitution d'un capital. Tous les frais de fonctionnement et de maintenance devraient être couverts par les paiements effectués par les usagers.*

Fondamentalement, l'électrification rurale dans son ensemble ; que ce soit par extension du réseau ou de façon autonome, requiert l'allocation d'une subvention du capital initial. Cependant, l'allocation d'une subvention de fonctionnement à long-terme entraîne une dépendance prouvée à laquelle il est difficile de mettre fin. Ce qui entrave le développement économique plutôt qu'il ne l'encourage.

- b) *La gestion du projet doit être professionnalisée et la formation doit être facilement accessible aux techniciens de tous niveaux.*

Ce type d'exigence est valable pour toute entreprise mais est particulièrement critique pour les prestations de services. Pour les entreprises commerciales, la réalisation de bénéfice ou la perte est immédiatement visible ; alors que pour la prestation de service la rentabilité est déterminée à long-terme et requiert donc une meilleure planification et un meilleur contrôle. Un point tout aussi essentiel est la disponibilité continue d'un personnel technique chargé de l'installation, de la maintenance et de la réparation. L'institution mise en place doit être capable de dispenser une formation technique au nouveau personnel en cas de croissance et de renouvellement.

- c) *Il faut avoir un nombre substantiel d'usagers de sorte à absorber le coût de la mise en place d'une RESCO.*

A cause du besoin de professionnaliser la gestion et de disposer d'un personnel technique qualifié ; quels que soit la taille du RESCO, le coût de mise en place

d'une telle institution pour desservir 100 ménages n'est pas inférieur au coût pour la mise en place d'une RESCO pour 500 ménages. Le coût unitaire par ménage semble se stabiliser au-delà de 500 ménages (dépendant largement de la densité des usagers) et est pratiquement statique au-delà de 1.000 usagers. Donc, la taille minimum pour permettre à une RESCO de réussir est d'environ 500 usagers. Par ailleurs pour réaliser des bénéfices à long-terme, un nombre plus important est nécessaire.

- d) *Il FAUT appliquer la clause de la suspension de l'électricité en cas de non-paiement de la redevance.*

Sans application de cette clause, les usagers vont se rendre compte très vite qu'ils n'ont pas besoin de payer pour bénéficier du service et pourraient cesser tout paiement, ce qui rendrait l'affaire peu rentable.

- e) *La maintenance préventive est essentielle pour un fonctionnement rentable. Pour les RESCO solaires, il est nécessaire d'avoir un technicien local qui se rend sur le site au moins une fois tous les deux mois.*

Les systèmes photovoltaïques peuvent paraître illusoire à cause de leur simplicité apparente. D'autre part, n'étant composé que par trois éléments de base, leur fonctionnement et leur maintenance ne devraient nécessiter que peu d'efforts. Cependant, la réalité n'est pas aussi simple. S'il est vrai qu'avec la fourniture de composants de qualité, il est rare que le module ou le régulateur de charge aient des problèmes ; même en l'absence de maintenance préventive, on ne peut pas en dire autant de la batterie. Sachant que les problèmes de la batterie sont dus à l'accumulation de petites pannes qui surviennent à long-terme, lorsqu'elle est endommagée au point de montrer des signes sérieux on ne peut faire autrement que de procéder à son renouvellement. La maintenance préventive est essentielle pour obtenir une durée de vie maximum de la batterie, un coût moindre du cycle de vie et une meilleure viabilité du système.

- f) *Toutes les composantes de production et de distribution doivent appartenir à l'institution qui est aussi chargée de la maintenance. L'utilisateur ne fait que bénéficier du service électrique.*

La RESCO doit être assez motivé pour assurer une maintenance correcte et fréquente. Cette même motivation doit permettre à la RESCO de procéder au

remplacement des batteries défectueuses. Cependant, lorsque l'utilisateur est propriétaire de la batterie et responsable de son remplacement la RESCO n'est pas motivée pour procéder à la maintenance préventive pénible et coûteuse qui permet de prolonger le cycle de vie de la batterie.

- g) *Il est nécessaire que l'institution obtienne un feed-back direct de la part des usagers, de sorte à s'assurer de la satisfaction de ces derniers et que le technicien local accomplisse une maintenance préventive appropriée.*

Alors qu'il est nécessaire d'avoir un technicien local résident pour garantir la maintenance à moindre coût, la supervision est difficile et coûteuse ; à moins que les usagers ne soutiennent le technicien local dans ses visites et l'exercice d'une maintenance appropriée. Sachant que le fait de se baser sur les plaintes individuelles des usagers a été inutile, il est nécessaire de mettre en place un mécanisme permettant de recueillir leur opinion (par exemple la création d'une association des usagers)

- h) *Il faut une densité géographique suffisante d'usagers pour permettre au technicien local de servir correctement et de façon rentable au moins 75 ménages.*

La seule solution qui permette une maintenance préventive à moindre coût est le regroupement des usagers, de sorte que les visites soient moins coûteuses.

Il n'est en général pas rentable pour un technicien local de s'occuper de la maintenance de moins de 50 systèmes. Et si le nombre d'usagers est assez élevé, le technicien peut prendre en charge jusqu'à 150 systèmes par mois.

2) Par rapport à la gestion

- a) *Le recrutement d'un opérateur local ou d'un ingénieur PV externe s'avère nécessaire.*

Lorsque le site du projet est éloigné du bureau de l'opérateur du projet, il faudra recruter au bureau un opérateur local ou un ingénieur PV externe qui a une bonne expérience de l'exploitation des systèmes PV et qui réside sur le site du projet. Il faudra aussi le charger des activités relatives à la gestion et à l'exploitation du projet, telles que la réparation des systèmes défectueux, et la formation du technicien local ou le recouvrement des redevances.

b) Stockage de pièces de rechange

Il est important de stocker des pièces de rechange sur le site du projet, de sorte à réduire la durée de la réparation des systèmes en panne. Les pièces de rechange seront stockées chez le technicien local ou dans la boutique où sont vendues les composantes PV telles que les tubes fluorescents etc.

c) Stockage des batteries usées

Les batteries usées sont collectées par l'opérateur du projet, qui procède ensuite à la neutralisation de l'acide et à leur stockage pour éviter leur contamination par l'eau et le sable.

(12) Plan d'introduction du système

Il s'agit de faire un nouveau design du système PV proposé ; sur la base des détails du design de chaque composante et selon les spécifications du Manuel des Procédures de l'ASER Volume II " Minima Techniques". Il s'agit aussi de collecter les estimations des coûts auprès des fournisseurs de systèmes PV.

Calculer le montant réel de l'investissement initial. Par exemple, l'estimation du coût des systèmes de 50 à 150 W en l'an 2000 représenté au Tableau 3.16.

Tableau 3.16 Estimation du Coût des Systèmes de 50 à 150 W (An 2000)

Rubriques	Spécifications	Prix(FCFA)		
		A	B	C
Module PV	50W	170.000	250.000	165.000
Support	Support mural , en acier	30.000	20.000	25.000
Batterie	100Ah/12V	75.000	100.000	72.000
Régulateur de charge	5A	35.500	24.000	29.500
Trois lampes	8W FL	45.000	59.000	39.000
Divers	Câbles, etc.	93.000	81.300	80.000
Installation		70.000	43.700	40.000
Transport		6.000	2.000	2.300
Total		524.500	580.000	452.800

Dans le cadre du projet pilote de la JICA, la capacité du module est de 55W et d'autres composantes telles que des lampe à LED et une boîte pour la batterie ont été fournies.

(13) Plan de collecte de fonds pour l'investissement initial

On calcule le montant de l'investissement initial à partir du coût unitaire du système PV multiplié par un nombre d'usagers auquel on ajoute des réserves en cas d'urgence. L'opérateur du projet doit disposer d'un investissement initial et du coût de fonctionnement.

- a) **Capital** : L'opérateur du projet devrait disposer lui-même d'une partie de l'investissement initial. Le capital minimum est défini dans le manuel des procédures de l'ASER. Il est de l'ordre de 30%, y compris la contribution initiale de l'utilisateur.
- b) **Contribution initiale de l'utilisateur** : Le fait de demander à l'utilisateur une contribution initiale requiert au préalable sa préparation morale à la participation au projet et la confirmation de sa capacité financière.
Pour l'extension du réseau, le service public demande généralement à l'utilisateur de payer les frais de connexion mais les frais de branchements internes sont aussi à sa charge. Dans le cas de l'électrification par voie photovoltaïque, les *frais de branchements internes sont inclus dans la contribution initiale.*
- c) **Subvention** : Pour la poursuite de l'électrification rurale, plus la contribution de l'utilisateur est faible mieux c'est, d'autant plus que le prêt et le capital de l'opérateur du projet n'atteindront pas les montants escomptés.
C'est donc l'ASER qui va subventionner la contribution initiale. La limite maximale de la subvention est définie dans le manuel de procédures de l'ASER (35%).
- d) **Prêt** : L'absence d'investissement sous forme de capital, de contribution initiale et de subvention sera couverte par des prêts. Ces prêts seront consentis par le gouvernement, les banques commerciales ou les institutions financières locales. Cependant, pour la mise en œuvre de l'électrification rurale l'ASER va s'organiser pour consentir des prêts à des conditions avantageuses, à long-terme et à des taux concessionnels.

- e) Autres : Les fonds provenant des organisations de coopération internationale vont servir de soutien à la contribution initiale.

(14) Calcul du coût de gestion du système

Le calcul du coût de gestion du système se fera à partir des frais engagés par l'opérateur pour le personnel du projet, l'opérateur local et les techniciens et les frais de fonctionnement et de gestion.

Les dépenses sont constituées par les frais de transport et de communication entre le bureau et le site, les achats, la constitution d'un stock et le renouvellement des composantes, de l'eau distillée et de la graisse pour les batteries etc.

Il faut ajouter à cela les coûts indirects tels que le frais de fonctionnement du bureau et la répartition des frais administratifs induits.

(15) Calcul des redevances

Il s'agit de calculer à nouveau la balance d'inventaire basée sur une estimation des redevances figurant au Tableau 3.1.(6)-5 et définir le montant approprié qui permettra de maintenir le système et de s'assurer que l'utilisateur est en mesure de payer.

(16) Calcul de la Balance d'Inventaire à Long-terme

- a) Calcul de l'investissement initial. Coût du système x Nombre de systèmes introduits
- b) Décision de distribution d'investissement initial. Capital, contribution initiale de l'utilisateur, subvention, prêt et conditions du prêt (taux d'intérêt, conditions de remboursement et délai de grâce).
- c) Calcul des revenus. Redevance mensuelle x 12 x Nombre d'utilisateurs
- d) Calcul des dépenses (Frais de gestion). Personnel x Nombre de personnes engagées x coût unitaire de la main d'œuvre x 12 + frais de fonctionnement et de gestion
- e) Frais de renouvellement des composantes. Coût des composantes à la fin du cycle de vie escompté x Nombre des utilisateurs (le coût varie selon l'année d'achat et le rabais du coût)

- f) Amortissement. $\text{Prix d'achat} / \text{durée du cycle de vie} + \text{prix d'achat} / \text{durée du cycle de vie}$ du renouvellement des composantes
- g) Calcul du solde débiteur. Prêt - Paiement.
Paiement. $\text{Délai de grâce} = 0$, après la période de grâce = $\text{Prêt} / (\text{Années de remboursement} - \text{délai de grâce})$
- h) Calcul des intérêts. Calcul du solde débiteur x taux d'intérêt
- i) Bénéfice brut (Avant amortissement) = (3) Revenus - (4) Dépenses (Frais de gestion)
- j) Bénéfice net = (9) Bénéfice brut (6) Amortissement - (8) Intérêt
- k) Cash Flow Net = (10) Bénéfice net (6) Amortissement Contribution initial + Capital + Prêt + Subvention + Fonds de roulement - Investissement initial - Paiement - (5) Dépenses (Renouvellement)
- l) Retour sur Investissement (Return on Equity) = Le taux de réduction sur la valeur totale du capital et (11) Cash Flow Net est égal à zéro.
- m) Taux de rentabilité financière FIRR = Le taux de réduction sur la valeur totale de la présente valeur de sorties de fonds (1) Investissement initial 5 Dépenses (renouvellement) et rentrées de fonds (1) Contribution initiale de l'utilisateur + Subvention + (9) Bénéfice brut est égal à zéro.

Dans ce calcul de la balance d'inventaire, il faut essayer de définir des valeurs appropriées pour la viabilité du projet en changeant le montant de la redevance et le pourcentage de la contribution initiale, de la subvention et du capital.

L'objectif approximatif du ROE sera de l'ordre de 25% et le FIRR sera de 8 à 10%.

Un échantillon d'une fiche de calcul de la balance d'inventaire figure en attache.

3.2 Manuel de Mise en Œuvre du Projet

(1) Préambule

Ce manuel traite de la mise en œuvre dans les zones rurales sénégalaises d'un programme d'électrification rurale par voie de SPF selon le modèle de vente ESCO ; après l'acquisition de licences ou de concessions.

Le manuel a été élaboré à partir du projet pilote mis en œuvre par la JICA.

2. Mise en oeuvre

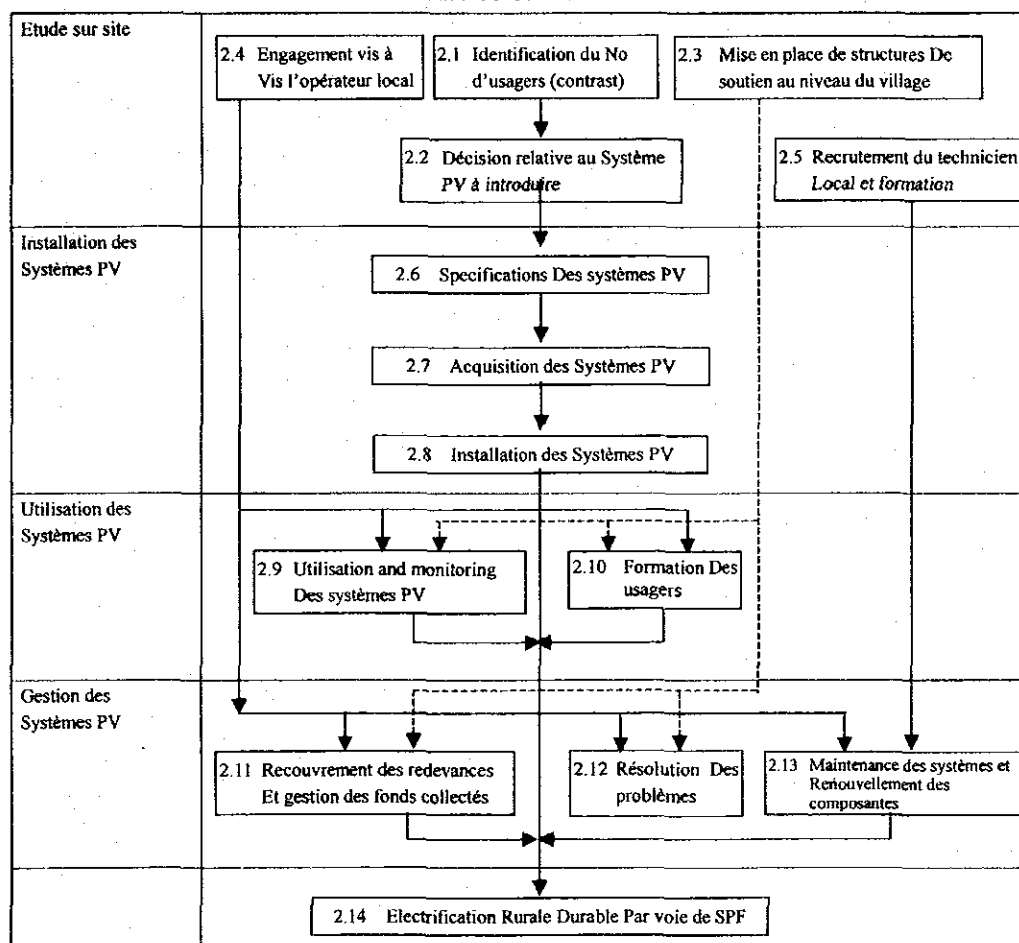


Schéma 3.9 Plan de Mise en Œuvre

(2) Identification du nombre d'usagers

La première étape consiste en la confirmation du nombre d'usagers qui adhèrent au projet, par le biais d'un contrat.

1) Invitation aux usagers

Invitation aux usagers des villages cibles ou zones d'implantation du projet qui veulent bénéficier de l'électrification par voie de SPF. Cet appel est précédé de l'élaboration d'un contrat dont le contenu est expliqué aux usagers et aux chefs de village avant la signature.

Au cas où il existe plusieurs types de systèmes PV, il faudra expliquer aux usagers les différences, de sorte qu'ils soient en mesure de faire leur choix.

2) Contrat passé avec l'utilisateur

Les opérateurs demandent aux usagers de s'acquitter d'une contribution initiale pour prouver leur capacité de paiement, après l'installation du système PV. Cette contribution est versée aux opérateurs lors de la signature du contrat.

Voici un exemple de contrat du projet pilote de la JICA. Il porte notamment sur:

- a) Noms des personnes concernées
- b) Contenu du contrat
- c) Composition du système destiné à la prestation de service, selon le contrat
- d) Objet du contrat
- e) Description des partenaires concernés
- f) Validité
- g) Règlement des contentieux
- h) Pénalité
- i) Maintenance et réparation
- j) Renouvellement des composants du système PV
- k) Recouvrement des redevances
- l) Contribution initiale
- m) Redevance mensuelle
- n) Notification de la demande de réparation
- o) Exclusion
- p) Annulation de contrat
- q) Cas de force majeure
- r) Assurance
- s) Accessibilité

Annexe-1 (Contrat relatif à l'électrification par voie de SPF dans les Iles Mar)

(3) Choix du système PV proposé

Ceci porte sur le choix du type et du nombre de systèmes PV devant être installés.

Le tableau 3.17 représente le choix des usagers par rapport aux trois options proposées par le projet initié par la JICA.

Tableau 3.17 Options proposées dans le cadre du projet pilote de la JICA

Charges	Consommation électrique (W)	Durée d'utilisation (H)		
		Type 1	Type 2	Type 3
Lampe FL	8	3	3	3
Lampe FL	8	3	2	3
Lampe FL	8	3	2	
Lampe FL	8	3		
Lampe FL	8	3		
Lampe à LED	0,7			8
Lampe à LED	0,7			8
Lampe à LED	0,7			8
Lampe à LED	0,7			8
TV Noir/Blanc	12		4	3
Radio	5	2	3	4
Consommation Totale	Wh/jour	130	119	104
Nombre d'usagers		44	0	51

Ces options ont été définies sur la base du taux d'ensoleillement minimum estimé pour le Sénégal qui est de 5kWh/m²/jour et sur la base du calcul de la capacité du module PV d'un système d'environ 50W.

Lors du séminaire sur l'île de Mar, l'équipe de la JICA s'est servie de planches pour illustrer les applications possibles et la durée d'utilisation journalières du système pour chacune des options. Il est préférable de faire une démonstration pour chaque option, d'autant plus qu'il est difficile d'imaginer la luminosité des lampes à partir d'un exposé.

Dans leur choix, les usagers se sont concentrés sur les options 1 et 3 qui comportent plus de lampes ; sachant qu'ils veulent allumer autant de lampes que possible la nuit.

(4) Mise en place de structures de gestion sur le site

Lorsque le nombre d'utilisateurs au niveau du site varie entre 20 et 30 personnes, il est recommandé de les organiser en association. On choisira alors parmi eux des responsables qui serviront d'intermédiaires entre l'opérateur et les utilisateurs.

Étant donné que les chefs de village font en général partie de la classe la plus riche, on s'attend à ce qu'ils adhèrent à l'électrification PV; ainsi ils pourront jouer le rôle d'intermédiaire en signalant à l'opérateur les systèmes défectueux ou en contrôlant les conditions de travail du technicien local.

S'il s'avère nécessaire de faire appel à eux, l'opérateur devra les indemniser en échange de leur coopération.

Dans le cadre du projet pilote de la JICA, deux Comités Villageois (AVU) ont été créés. Ces associations sont censées œuvrer pour:

- a) Recouvrer les redevances mensuelles auprès des utilisateurs
- b) Sensibiliser les utilisateurs pour que ces derniers s'acquittent des redevances mensuelles
- c) L'édification et la supervision des utilisateurs lors des réunions mensuelles
- d) La supervision des activités du technicien local.
- e) Recueillir les requêtes et plaintes des utilisateurs et les transmettre à l'opérateur du projet

(5) Recrutement du technicien local

Il serait coûteux pour l'opérateur d'envoyer régulièrement son personnel sur le terrain, si le site du projet est distant de son bureau. De ce fait, s'il y a au niveau du site des personnes ou associations expérimentées dans la technologie PV, l'opérateur devrait les recruter en tant qu'opérateurs locaux chargés de la gestion des systèmes.

Il y a au Sénégal une association d'ateliers expérimentés dans la technologie PV nommée FOPEN-SOLAIRE. Ces ateliers sont dispersés à travers le pays et seraient prêts à travailler en tant qu'opérateurs locaux.

Les noms des ateliers de la FOPEN-SOLAIRE et leur localisation figurent au Tableau 3.18.

Tableau 3.18 Noms des Ateliers de la FOPEN-SOLAIRE et leur Localisation

Noms des Ateliers	Localisation
AMICALE DES GROUPEMENTS DU SECTEUR DE FOUNDIUGNE (AGSF)	Quartier Thiamène (Foundougne)
ASSOCIATION REGIONALE DES AGRICULTEURS DE FATICK (ARAF)	Quartier Diakhao-Gossas (Fatick)
CULTURE FOR AFRICAN DEVELOPMENT (CAD)	Guédiawaye (Dakar)
CENTRE CAYOR ENERGIE SOLAIRE (CCES)	Quartier Netti Gouyes (Pekesse)
CENTRE DE PROMOTION ET DE DIFFUSION DES ENERGIES RENOUVELABLES (CPDER)	Croisement Ndiosmone (Tattaguine)
CENTRE DE PROMOTION ET DE DIFFUSION DES ENERGIES RENOUVELABLES DE KAOLACK (CPDERK)	Bouel (Kaffrine)
FRERES UNIS DE DIAOULE (FUD)	Diakhao (Fatick)
GROUPEMENT D'ASSISTANCE AGRO-PASRTORALE (GAAP)	(Mbour)
UNION REGIONALE DES ASSOCIATIONS PAYSANNES DE DIOURBEL (URAPD)	(Bambey)
GROUPEMENT DES JEUNES ARTISANS DE POUT (GJAP)	Pout (Thiès)
UNION POUR LA SOLIDARITE ET L'ENTRAIDE (USE)	Nganda (Kaffrine)
G.I.E REBUSOISE D'EXPLOITATION (REBEXE)	Médina (Dakar)

Il y a aussi plusieurs techniciens PV sénégalais qui ont bénéficié d'une formation et ont acquis une bonne expérience en matière de PV/SPF, dans le cadre du projet de la GTZ et d'autres partenaires. Ces derniers pourront aussi poser leur candidature en tant qu'opérateurs locaux.

En ce qui concerne le projet pilote de la JICA, l'opérateur du projet a recruté un opérateur local chargé d'exécuter sur le site certaines tâches qui sont du ressort de l'opérateur du projet.

Voici en annexe le contrat passé entre l'opérateur du projet et l'opérateur local (Annexe-2 Contrat passé entre l'opérateur du projet et l'opérateur local)

(6) Recrutement et formation du technicien local

Le technicien local est une personne clef dans la réussite du modèle de vente ESCO. Par ailleurs, avant que le projet n'entre dans sa phase active, il est essentiel de recruter des techniciens locaux et de leur dispenser la formation de base nécessaire en matière de technologie PV ; de sorte qu'ils soient opérationnels avant l'installation des systèmes PV.

Il y a deux possibilités de formation du technicien local : la formation par l'opérateur lui-même ou celle dispensée dans un centre de formation autonome.

Lorsque le fournisseur de systèmes PV est aussi opérateur d'un projet d'électrification rurale, il a ses propres experts et peut alors former ses techniciens locaux au niveau de sa structure.

Il existe deux centres de formation autonomes à Dakar que sont le CNQP et le CFPT.

Une comparaison de ces deux structures révèle que le CNQP dispense une formation technique de base et le CFPT une formation technique supérieure et théorique sur les systèmes PV. Mais le programme dispensé au niveau du CNQP semble suffisant pour la formation des techniciens locaux.

Le programme de la formation dispensée au technicien PV en cinq jours au niveau du CNQP figure au Tableau 3.19.

Tableau 3.19 Programme de la formation de base dispensée au technicien PV

	Matinée	Soirée
Jour 1	Connaissances de base concernant l'électricité	Maniement du multimètre
Jour 2	Explication du SPF	Explication de l'éclairage
Jour 3	Renouvellement des composantes	Installation du SPF
Jour 4	Installation du SPF	Installation du SPF
Jour 5	Maintenance du SPF	Maintenance du SPF

Voici en annexe le contrat passé entre l'opérateur du projet et le technicien local (Annexe-3 Contrat passé entre l'opérateur du projet et le technicien local)

(7) Spécifications Relatives à la Planification du Système PV

Voici un exemple de planification d'un SPF. Les composantes du système figurent au Tableau 2.6-1. Ce système permet les applications décrites dans la section 2.2. La combinaison de base entre la capacité du module PV et celle de la batterie correspond à un système de 50 W pour une batterie de 100Ah/12V.

Les spécifications des composantes du système sont définies sur la base des normes locales et internationales et des recommandations des experts sénégalais.

Ces spécifications devraient être décrites dans la requête adressée à l'ASER pour l'obtention d'un permis de concession. A cet effet, un manuel de référence visant la

conformité des spécifications a été élaboré par l'ASER sur la base des "Minima Techniques" de son Volume II.

Tableau 3.20 Composantes du système PV

Composantes		Option 1	Option 2
Module PV	Cristallin 55Wc	1	1
Support	Support mural	1	1
Batterie	100Ah/C20	1	1
Caisson de la batterie		1	1
Régulateur de charge	PWM 10 A	1	1
Lampe fluorescente	8 W	5	2
Lampe à LED	0,7 W		4
Prise radio	6V/9V	1	1
Prise télévision	12V		1
Câble A	4,0 mm ² 10m	1	1
Câble B	2,5mm ² 80m	1	1
Installation		1	1

1) Spécifications Techniques Relatives aux Modules Photovoltaïques

La plupart des projets d'électrification rurale par voie de SPF qui ont été réalisés au Sénégal avaient utilisé des modules PV de 50Wc en vue d'améliorer le mode de vie dans le monde rural.

Avec les progrès récemment réalisés, le rendement des cellules photovoltaïques a augmenté entraînant ainsi une réduction de la différence de prix entre le module de 50 Wc et celui de 55 Wc. Par conséquent, dans un proche avenir, les SPF de 55 Wc devraient supplanter ceux de 50 Wc. La study team a donc choisi des modules de 55 Wc.

Les spécifications techniques des modules PV ont été définies, de sorte à nous assurer que les fournisseurs vont livreraient des modules de bonne qualité. Ces spécifications portaient surtout sur le type de cellules, la puissance crête, la performance dans des conditions de fortes températures et la résistance aux conditions ambiantes.

Le module à cellules amorphes a été exclu parce que ses performances ne sont pas satisfaisantes en terme de durabilité, sa surface est plus large que celle des cristallins et son support doit aussi être plus solide.

2) Supports des Modules Photovoltaïques

Quant au support du module PV, il y a plusieurs types de montage : sur toit, sur poteau, au sol et sur un support mural. Au niveau du site du projet pilote, la plupart des ménages disposent de murs sur lesquels il est facile de monter un support sur toit, ce qui justifie le choix de ce type de montage du module PV.

Sachant que l'île de Mar est entourée par la mer, le support doit être fait d'un matériau anticorrosifs. D'après les spécifications les supports doivent être en acier galvanisé, en acier inoxydable et en aluminium anodisé. Pour une meilleure fiabilité des équipements, la study team a exclu de l'appel d'offres les supports en bois et en plastique.

3) Spécifications Techniques Relatives aux Batteries

Quant à la batterie, un modèle muni d'ouverture a été choisi et la maintenance périodique est assurée par le technicien local. Les batteries scellées (batteries au gel) ne nécessitent pas de maintenance mais coûtent plus cher et ont une durée de vie plus courte que les batteries munies d'ouverture si elles sont bien maintenues.

La taille des batteries proposées est de 100 Ah avec une capacité variant en fonction de la durée de la décharge assignée. Le courant maximal de décharge a été fixé à 5A, c'est à dire une durée de décharge de 20-heures pour une batterie de 100 Ah.

Les spécifications techniques des batteries ont été définies de sorte à s'assurer que les batteries pourraient avoir une longue durée de vie.

Par ailleurs, sachant que les batteries sont placées à la portée des usagers, il y a des risques de modifications non-autorisées sur le système, de choc électrique ou autres accidents. C'est la raison pour laquelle la study team a exigé les caissons à batterie. Les spécifications définissent les caractéristiques des batteries tels que le voltage, la capacité, la densité, le volume d'électrolyte, le taux d'autodécharge.

4) Spécifications Techniques Relatives aux Régulateurs de Charge

De nos jours, il est préférable d'utiliser un régulateur auto-programmable pour éviter les problèmes de charge excessive ou de décharge profonde. Les spécifications techniques définissent les normes à observer qui sont relatives notamment au

courant nominal, au courant de fonctionnement, aux tensions de coupure, à la tension de reconnections, aux critères de compensation en température de la tension de fin de charge, contre l'inversion de polarités et contre les surintensités.

5) Spécifications Techniques relatives aux Lampes, Ballasts et Fixations

Pour que les lampes aient une longue durée de vie, il faut accorder une attention particulière à la qualité des ballasts des lampes fluorescentes.

Tenant compte de cet aspect, les spécifications techniques étaient relatives à la tension, à la puissance nominale, à l'efficacité lumineuse, à la forme des ondes de sortie du ballast, à la fréquence du ballast, au rendement du ballast et à sa résistivité.

Pour le cas des Lampes LED, la puissance nominale et l'efficacité lumineuse ont été définies. Le tube fluorescent est la principale cause de la panne du système, et il est fréquent d'utiliser séparément un tube (fluorescent) et un ballaste pour procéder au remplacement d'une lampe, aux frais de l'utilisateur.

La mauvaise qualité du ballaste réduit la durée de vie du tube fluorescent, ce qui entraîne la non-satisfaction des usagers qui sont obligés de remplacer régulièrement leurs tubes fluorescents. Par conséquent, il est important de définir les spécifications pour des lampes fluorescentes de qualité supérieure.

6) Spécifications Techniques Relatives aux Prises

Les prises AC et CC sont compatibles, il est donc indispensable d'indiquer les polarités pour une prise émettant en CC. D'ailleurs, la study team a exigé des régulateurs de tension CC/CC, permettant de moduler la tension du système en 12V, 6V ou 9V pour une prise radio. Ceci permet par la même occasion de gérer la consommation énergétique des radios et radiocassettes.

7) Spécifications Relatives aux Câbles et Accessoires

Le but visé par la spécification de normes pour les câbles est de minimiser les facteurs de perte d'un bout à l'autre du système. Notamment, la longueur et la section des câbles sont les principaux facteurs à définir.

8) Centrales d'Acquisition de Données

En général, une centrale d'acquisition de données n'est pas indispensable pour l'électrification rurale mais le projet pilote en a installé trois pour collecter des données relatives à la consommation électrique des ménages.

La centrale d'acquisition de données est utilisée pour la collecte de données météorologiques et des données relatives à l'électricité générée/consommée. Parmi les trois centrales d'acquisition de données installées, seule l'une d'entre elles enregistrera des données météorologiques, ensoleillement et température ambiante.

Toutes les centrales installées vont enregistrer les tensions de l'appareil photovoltaïque et de la batterie et le courant délivré à la batterie et aux charges. Les spécifications relatives aux centrales d'acquisition ont été élaborées par référence aux des marques connues de par le monde.

L'amplificateur de shunt n'était pas compris parmi les spécifications originales mais après l'installation il s'est avéré nécessaire de l'inclure, plus tard dans le circuit des centrales d'acquisition de données.

(Annexe -4 Spécifications Techniques Relatives aux SPF)

(8) L'acquisition des systèmes

L'acquisition des systèmes se fera selon les règles de l'agence de mise en œuvre du projet. L'achat ne se limitera pas seulement au marché local mais couvrira aussi le marché international.

Si un opérateur est en même temps fournisseur, il pourra se procurer certaines composantes auprès des compagnies avec lesquelles il coopère.

Voici ci-dessous la procédure d'acquisition des systèmes photovoltaïques

1) Préparation des spécifications d'achat

Cette partie comprend non seulement les spécifications techniques mais aussi les termes du contrat tels que : la procédure d'appel d'offres, le calendrier, les conditions de paiement, l'assurance qualité, le service après vente etc.

2) Appel d'offres libre ou par nomination

Choix de la procédure d'appel d'offres. Pour le projet pilote de la JICA l'appel d'offres par nomination a été choisi

3) Choix des sociétés soumissionnaires

Préparation de la liste des sociétés soumissionnaires et envoi la demande de participation à l'appel d'offres

4) Explications relatives à l'appel d'offres

Explications relatives aux spécifications et aux termes du contrat

5) Appels d'offres

Distinction entre l'appel d'offres techniques et l'appel d'offres financier

6) Evaluation des appels d'offres

Vérifier si les rubriques de l'appel d'offres techniques sont conformes aux spécifications ou pas. Demander aux compagnies retenues lors de l'appel d'offres techniques de participer à l'appel d'offres financier.

7) Contrat/Commande

Contrat avec la société dont l'offre est la moins disante.

8) Livraison/Inspection

Contrôler la quantité du matériel livré et vérifier sa conformité par rapport aux spécifications techniques. Dans le cas du projet pilote de la JICA, les tests de contrôle de la qualité ont été menés au laboratoire du CERER et ont porté sur le module PV, la batterie, le régulateur de charge et le ballast du tube fluorescent.

Il est nécessaire de disposer d'assez de temps pour contrôler la qualité des composantes et même effectuer des tests au laboratoire. Pour le cas du projet pilote les résultats des tests ont été publiés après la fin des installations. A ce propos, il est à noter que la qualité des lampes fluorescentes n'est pas conforme aux spécifications de la commande.

Après seulement quelques mois d'exploitation, beaucoup de pannes dues aux lampes fluorescentes ont été notées et la courte durée de vie des tubes fluorescents a entraîné leur renouvellement régulier, aux frais des usagers.

Le Comité de Gestion a décidé, en accord avec le fournisseur (=l'opérateur) de remplacer toutes les lampes fluorescentes par de nouvelles lampes qui sont conformes aux spécifications.

9) Installation des systèmes

Dans certains cas, l'installation des systèmes est comprise dans le contrat alors pour d'autres elle fait l'objet d'un contrat spécial. En ce qui concerne le projet pilote de la JICA, le contrat couvre aussi l'installation des systèmes. Les instructions détaillées relatives à l'installation des systèmes sont décrites dans la section 2.8.

10) Inspection finale des systèmes

A la fin des installations, on procède à une vérification de tous les systèmes pour recenser les éventuels défauts. Les systèmes sont inspectés à nouveau après rectification.

11) Réception des systèmes

Il s'agit d'accuser la réception des systèmes après l'inspection finale.

12) Garantie

Après la livraison des systèmes ; dans les délais stipulés dans le contrat, le fournisseur garantit la qualité des composantes. Cependant, si la capacité du système venait à se dégrader du fait des composantes, le fournisseur serait dans l'obligation de les réparer ou de les remplacer par ses propres moyens.

(9) Installation des systèmes photovoltaïques

1) Décision relative à l'Emplacement du Système dans le Ménage

La décision relative à l'emplacement des systèmes, du support du module PV, de la batterie et du régulateur ainsi que l'emplacement des lampes est prise en accord avec les usagers. Exemple d'emplacement du système PV dans un ménage.

(Annexe – 5. Plan Sommaire)

2) Installation du module photovoltaïque

Installer le support du module PV de sorte à éviter toute zone d'ombre due à un édifice ou à un arbre et orienter le module ainsi fixé en direction du sud. L'inclinaison dépend du support lui-même. Introduire le câble à travers le mur jusqu'à l'emplacement du régulateur de charge.

3) Fixation du régulateur de charge

Le régulateur de charge est fixé sur une colonne ou un mur situé dans le champ visuel de l'utilisateur et qui ne soit pas éloigné de la batterie (A moins de 2 mètres).

4) Installation de la batterie

La batterie est installée dans un espace bien aéré, hors de la portée des membres du ménage et dans une zone facile d'accès ; pour les besoins de la maintenance effectuée par le technicien local.

5) Câblage intérieur

Pour le câblage des lampes, prises et interrupteurs, il est préférable de poser les câbles horizontalement et verticalement tout en les fixant avec des attaches à un intervalle régulier.

6) Câblage du régulateur de charge

La pose des câbles reliant le module PV et la batterie ainsi que ceux reliant les lampes et prises au régulateur de charge doit être faite selon les directives du fabricant du régulateur de charge.

7) Inspection des Travaux d'Installation

Il s'agit de contrôler les travaux d'installation à l'aide de fiches de contrôle ; de sorte à garantir le respect des spécifications, à signaler les défauts constatés et à procéder à leur rectification.

Reboucher les trous percés dans le mur pour le passage des câbles du module PV. S'assurer du ramassage des bouteilles d'électrolyte vides, afin d'éviter que les enfants ne touchent aux résidus d'acide.

(Annexe – 6. Fiche de réception des Installations)

8) Charge Initiale des batteries

Lorsque la batterie est remplie d'électrolyte elle indique un état de charge (SOC) de 70%. Il est recommandé que la batterie ait un état de charge de 100% avant la connexion des charges. Au Sénégal, il faut 3 à 4 journées ensoleillées pour faire passer l'état de charge d'une batterie de 100Ah connectée à un module PV de 50W de 70 à 100%. Ceci est valable pour la connexion du régulateur de charge.

Par ailleurs, si un Ingénieur PV est présent sur le site, il est possible de réduire le temps de charge initiale par la connexion directe du module PV à la batterie et le contrôle de l'état de charge de celle ci ; à travers la mesure de la tension aux bornes et celle de la densité de l'électrolyte. (Cette procédure est décrite dans les spécifications techniques en Annexe 4).

9) Utilisation de l'électricité PV

Vérifier que la charge initiale est complète, si les charges ont été connectées et ont commencé à consommer l'électricité produite.

Les détails relatifs aux applications possibles sont contenus dans le manuel de l'utilisateur.

Dans ce manuel, on explique aux usagers que les appareils que l'on peut utiliser ainsi que la durée d'utilisation est limitée et qu'en saison pluvieuse la production va décroître ; ce qui fait qu'ils pourraient ne pas bénéficier du service électrique pendant des jours.

(10) Monitoring de l'utilisation

Pour la gestion de l'électrification, il est nécessaire de savoir comment les usagers utilisent l'électricité.

Durant ses visites aux usagers et lors des séances de maintenance périodique des systèmes PV, le technicien local peut s'informer sur les applications et les sentiments des usagers par rapport à l'électricité et en faire part à l'opérateur du projet.

Dans le cadre du projet pilote de la JICA trois centrales d'acquisition de données ont été installées pour collecter les informations relatives au fonctionnement des systèmes PV et à l'utilisation par les usagers de l'électricité produite.

(Annexe-7. Exemple de conditions d'exploitation du système (Interim Data Collection))

(11) Formation des usagers

Il appartient à l'opérateur du projet d'enseigner aux usagers comment économiser le volume réduit d'électricité produit par les systèmes PV.

Au début, il est difficile pour les usagers de connaître le volume d'électricité dont ils disposent. De ce fait, ils utilisent plus que la quantité produite par le système PV ; obligeant ainsi le régulateur charge à couper la fourniture d'électricité. Il se peut aussi qu'ils exagèrent leur consommation électrique, ce qui entraîne une perte de capacité des systèmes.

Après que l'opérateur et le technicien local aient expliqué à plusieurs reprises le manuel à l'utilisateur ou que ce dernier l'ait étudié, il devra être en mesure d'utiliser correctement l'électricité produite par les systèmes PV.

Les instructions relatives à l'utilisation des systèmes PV sont élaborées par l'opérateur du projet (Manuel de l'utilisateur) puis expliquées aux usagers. Les recommandations importantes sont faites sous forme d'illustrations et de démonstrations portant sur le régulateur.

(12) Recouvrement des redevances et gestion des fonds collectés

Le recouvrement des redevances auprès des usagers est une condition importante pour le soutien à la gestion de l'électrification.

1) Périodicité du recouvrement des redevances

La périodicité du recouvrement des redevances peut être mensuelle, bimestrielle, trimestrielle, semestrielle et annuelle. Il arrive que les usagers d'un même village ne soient pas en mesure de payer la redevance à la même période, l'opérateur devra alors établir un calendrier de collecte des redevances à la convenance des usagers.

Pour le cas du projet pilote de la JICA, la période de recouvrement des redevances peut être mensuelle, trimestrielle et semestrielle.

2) Agent de recouvrement

Quant à l'agent de recouvrement, il peut être choisi selon plusieurs cas de figures : l'opérateur du projet peut nommer un de ses employés, l'opérateur local peut en être chargé pour le compte de l'opérateur du projet, le technicien local peut procéder au recouvrement durant ses séances de maintenance, le comité villageois et l'institution financière peuvent aussi effectuer cette mission.

L'agent de recouvrement est supposé avoir une certaine autorité, afin de forcer les usagers réticents à s'acquitter du paiement de la redevance.

Dans le cas du projet pilote de la JICA, l'opérateur du projet a nommé un comptable qui se rend sur le site pour procéder au recouvrement.

3) Amélioration du système de recouvrement

Notifier aux usagers la date de recouvrement plusieurs jours avant, afin que les fonds soient disponibles et qu'un membre de la famille reste sur place lors de la visite de l'agent de recouvrement.

4) Action à l'encontre des mauvais payeurs

Il est clairement spécifié dans le contrat que l'opérateur confisquerait le système PV si l'utilisateur refuse de payer à certaines conditions et selon le délai fixé par l'opérateur.

Pour le succès du modèle ESCO de gestion de l'électrification, il est important de réduire le nombre de mauvais payeurs et pour se faire, il faut procéder à la confiscation des systèmes des mauvais payeurs en guise d'avertissement pour les autres usagers.

Par ailleurs, il est aussi nécessaire de demander aux associations villageoises de persuader les mauvais payeurs, afin d'améliorer le taux de recouvrement.

5) Gestion des redevances recouvrées

Les redevances recouvrées serviront au paiement des frais de gestion journalière et au renouvellement des composantes des systèmes. Les fonds destinés au renouvellement des composantes devraient être gérés séparément et déposés dans un compte bancaire produisant des intérêts.

Les frais de gestion sont composés des rubriques suivantes :

- a) Le coût du technicien local
- b) Le coût de l'opérateur local
- c) Les frais de l'opérateur du projet (transport, communication, produits de consommation, dépenses du personnel, autres)

Pour ce qui est du renouvellement des composantes les rubriques sont :

- a) Le coût du renouvellement des composantes
- b) Le coût des travaux de renouvellement

(13) Résolution des problèmes relatifs aux systèmes

L'objectif du modèle de vente ESCO est d'offrir des services de qualité et d'éviter autant que possible de ne pouvoir satisfaire à une demande quelconque.

Dans le cas du projet pilote de la JICA, les problèmes relatifs à l'éclairage devraient être résolus en l'espace de trois jours, alors que pour les problèmes nécessitant l'intervention de l'expert en PV, il faudrait 7 jours à partir de la date de notification à l'opérateur.

Pour arriver à un tel résultat, il est nécessaire de bien former le technicien local afin qu'il comprenne les causes des problèmes et soit techniquement apte à les résoudre et à disposer du stock destiné au renouvellement des composantes des systèmes.

Il peut arriver qu'un usager modifie son système ou y ajoute d'autres appareils sans l'autorisation préalable de l'opérateur. Dans ce cas, le technicien local se doit de restaurer le système ou de le confisquer.

(14) Maintenance des systèmes PV et Renouvellement des Composantes

Le technicien local qui reste sur le site ou dans le voisinage du site assure une maintenance périodique des systèmes. S'il arrive des pannes qu'il ne peut réparer, l'opérateur envoie son ingénieur en PV pour qu'il procède à la réparation.

La maintenance journalière consiste à contrôler de façon périodique le fonctionnement du système et essayer d'identifier les problèmes que le technicien local doit résoudre. Si ce dernier n'est pas en mesure d'accomplir cette tâche, il doit en informer l'ingénieur en PV mandaté par l'opérateur.

La maintenance journalière consiste principalement à vérifier l'état de la batterie. Il faut aussi contrôler soigneusement le niveau d'électrolyte dans les cellules de la batterie et ajouter de l'eau distillée, de sorte à atteindre le niveau normal d'électrolyte.

La plupart des interventions de l'ingénieur en PV consistera en la réparation de pannes des systèmes dues au dysfonctionnement de composantes à remplacer. L'opérateur doit donc disposer d'un stock de composantes en quantité suffisante.

Avec le temps, les composantes atteignent leur durée de vie ou la dépassent ; ce qui entraîne une augmentation du nombre de composantes à renouveler. De plus, le cycle de vie des composantes des systèmes diffère selon l'état d'utilisation, l'originalité de la qualité, entraînant ainsi des durées de vies longues et courtes.

Afin de simplifier et rendre plus efficace le renouvellement les composantes seront remplacées au même moment; même si la durée de vie de certaines d'entre elles n'est pas encore épuisée.

(Annexe -8 Objet de la maintenance journalière et de la fiche de contrôle. Note concernant la Maintenance).

(15) Exécution d'un Programme d'Electrification Rurale Durable par voie de SPF

Les conditions à remplir pour la mise en œuvre d'un programme d'électrification rurale par voie de SPF sont:

- a) Que les usagers soient satisfaits du service offert et s'acquittent du paiement de la redevance

- b) Que les systèmes PV soient bien maintenus par le technicien local et l'ingénieur mandatés par l'opérateur
- c) Que l'opérateur garantisse la gestion et le renouvellement des composantes des systèmes à partir des redevances collectées auprès des usagers
- d) Que l'opérateur puisse disposer d'un fond de réinvestissement à la fin de l'exploitation d'une concession
- e) Que l'opérateur puisse largement bénéficier de retour sur investissement
- f) Que l'opérateur ait la volonté de s'investir dans un projet d'électrification similaire
- g) Qu'il y ait des usagers désireux de bénéficier de l'électrification par voie de SPF et qui soient capables de payer la redevance.