

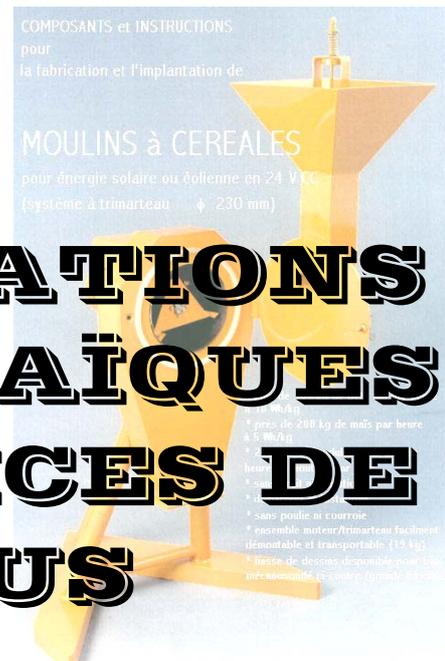


Promotion de l'Électrification Rurale et de l'Approvisionnement Durable en Combustibles Domestiques



PERACOD

LES APPLICATIONS PHOTOVOLTAÏQUES GÉNÉRATRICES DE REVENUS



Nadine BERTHOMIEU
Février 2004

Introduction	4
I. Quelques chiffres sur le coût et l'utilisation du photovoltaïque aujourd'hui.....	5
I.1. La production actuelle et ses applications	5
I.2 Remarques sur les systèmes photovoltaïques individuels	7
II. Les applications photovoltaïques en Agriculture	9
II.1. L'irrigation.....	10
II.2. Eclairage et conditionnement d'air de poulailler.....	12
II.3. Le moulin solaire	13
II.4. Pompes d'aération pour la pisciculture	15
II.5. La pêche éclairée	16
II.6. Les grands systèmes de réfrigération.....	16
II.7. Elimination des insectes dans les cultures irriguées ou pluviales.	17
III. Le photovoltaïque dans l'artisanat	19
III.1. Atelier de couture	20
III.2. Utilisation du Fer à Souder.....	21
III.3. Programmes internationaux d'atelier de fabrication	21
IV. Les applications photovoltaïques dans le commerce et les sociétés de service	23
IV.1. La station de recharge de batterie	23
IV.2. Le service de location-vente	25
IV.2.1. Les micro entreprises locales	25
IV.2.2. Les associations locales ou les particuliers assurant le service de location-vente	27
IV.3. L'utilisation de photovoltaïque pour les bureaux et le multimédia	29
IV.4. Le photovoltaïque au service des télécommunications.....	29
V. Applications photovoltaïque pour des services communautaires.....	31
V.1. Production de froid pour les cliniques.....	31
V.1.1 Les modèles sur batterie	32
V.1.2. Les modèles sans batteries : programme SolarChill	32
V.1.3. Les modèles sans électricité	34
V.2. Les systèmes de purification d'eau	34
V.2.1. Le système à lampe UV.....	35
V.2.2 Le système de purification par osmose inverse.....	36
V.2.3 Le système de dessalination thermique	37
VI. Les Plateformes Multifonctionnelles et les zones de micro-entreprises	38

ANNEXES

Introduction

Ce rapport inventorie les possibilités qu'offrent le développement de l'énergie solaire photovoltaïque sur l'éclosion d'activités génératrices de revenus en milieu rural.

L'un des défis majeurs de l'électrification rurale est de nos jours sa capacité à contribuer au processus de lutte contre la pauvreté en milieu rural. L'électrification rurale aura ainsi un objectif d'amélioration de la qualité de vie des populations rurales mais aussi et surtout de faciliter l'éclosion d'activités génératrices de revenus.

Les systèmes photovoltaïques ne doivent donc plus être considérés comme assurant une pré-électrification du monde rural en servant juste à l'alimentation de quelques points lumineux et d'appareils audio-visuels, mais devront pouvoir alimenter des équipements de production qui permettent une génération de revenu peu ou prou substantiel.

Les Systèmes Solaires Individuels (SSI) sont les applications photovoltaïques les plus courantes dans les milieux ruraux. Leurs utilisations les plus fréquentes sont l'éclairage et le multimédia tel la radio ou la télévision. Certaines études rapportent qu'on trouve peu d'évidences directes de l'impact économique de telles installations. D'autres indiquent au contraire un accroissement du revenu dans les ménages qui en bénéficient, essentiellement grâce au gain de temps et à la possibilité de travailler en soirée, lorsque la lumière du jour devient trop faible pour le permettre. D'une manière générale, des bénéfices économiques indirects naissent de l'accès à l'information, et de l'amélioration des conditions de vie grâce à l'électricité domestique.

Beaucoup de projets de systèmes solaires sont nés pour répondre à des besoins communautaires tels l'approvisionnement en eau potable, l'électrification des centres de santé, et les centres d'éducation. Parfois, l'accès à des services sociaux ou communautaires donne lieu à des activités génératrices de revenus.

Cette étude portera ainsi sur les équipements de productions communautaires et privés alimentés par de l'énergie solaire ou pouvant l'être, mais aussi sur les services ou les activités commerciales consacrées à la diffusion de l'électricité solaire en milieu rural et génératrices de revenus.

Parmi les équipements, les applications répertoriées sont essentiellement agricoles ou artisanales. Quant aux services communautaires nés de l'électrification, ils rentrent souvent dans le schéma d'applications génératrices de revenus par l'intermédiaire de diffusion de l'électricité ou de services électrique. Il s'agira ainsi d'identifier les possibilités de productions matérielles mais aussi les activités du secteur tertiaire que peut développer l'électrification rurale solaire.

Enfin dans un dernier chapitre, les plate-formes multifonctionnelles et les zones de micro-entreprises seront présentées, et nous verrons comment elles pourraient aujourd'hui s'inscrire dans un schéma d'électrification rurale par voies photovoltaïques.

I. Quelques chiffres sur le coût et l'utilisation du photovoltaïque aujourd'hui

I.1. La production actuelle et ses applications

Aujourd'hui les panneaux photovoltaïques coûtent environ 1800 FCFA le Wc contre 6000 FCFA le Wc il y a encore 15 ans. Cette abaissement du coût de production vient de la production de masse qui a suivi l'explosion du solaire dans les années 90. La production annuelle de cellules photovoltaïques est passée de 48MWc en 1990 à 126MWc en 1997, soit un accroissement de 14.8% par an. Dans le même temps, le marché de l'électrification rurale hors réseau, particulièrement dans les pays en voie de développement, a connu un taux d'accroissement de 18% par an. La production a donc durant un temps satisfait la demande des zones d'électrification prioritaire dans les pays en voie de développement. Cependant aujourd'hui, alors que la production pour les systèmes individuels se stabilise, ce sont les systèmes connectés au réseau qui connaissent le plus d'essor, et poussent ainsi la production vers le haut.

Aujourd'hui, on compte qu'environ 50% du prix d'une installation solaire est attribuée au coût du panneau lui même et que les autres 50% sont dus à l'équipement (convertisseur, batteries, régulateur, ...). Pour la batterie, on compte environ 40 000 à 60 000 FCFA par kWh de stockage selon le type de batteries dont la durée de vie s'échelonne de 250 à 500 cycles (3 à 7 ans). On espère passer à un rapport de 25/50% dans le futur.

Il faut en général compter sur 200 000 FCFA pour un système solaire de 50 W et 500 000FCFA pour 150 Wc.

Usages de la production de modules solaires (source : Commission Européenne)

Usage	1998-1999 (moyenn)		2010	
	% de la production totale	% du marché rural	% de la production totale	% du marché rural
Connecté au réseau	10 %		29 %	
Usage intérieur	7 %		3 %	
Camping/bateau/loisir	15 %		9 %	
Protection/Signalisation/militaire	6 %		5 %	
<i>Sous total du marché pour les pays industrialisés</i>		38 %		46 %
<i>Sous total du marché pour les pays en voie de développement</i>		62 %		54 %
Communications	21 %	34 %	11 %	20 %
Système individuel	15 %	24 %	23 %	43 %
Pompage	12 %	19 %	7 %	13 %
Electrification Rurale	5 %	8 %	4 %	7 %
Villas isolées	7 %	11 %	6 %	11 %
Autres applications isolées	3 %	5 %	2 %	4 %

Estimation des besoin communautaires dans les zones rurales du monde entier (source : Commission Européenne) :

Système solaire individuel (SSI) (66%)	11,151 MWc
Pompage (16%)	2,643 MWc
Education (16%)	2,657 MWc
Santé (1%)	112 MWc
Communication (2%)	314 MWc

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

Ces chiffres traduisent les possibilités réelles du marché du solaire. Notons que les applications génératrices de revenu qui font l'objet de notre étude rentrent souvent dans les besoins en Systèmes Solaires Individuels (SSI).

Voici quelques exemples d'applications rurales qui requièrent de l'énergie selon les secteurs d'activités ou de services :

- agriculture : irrigation, préparation de la terre, fertilisation
- domestique : éclairage, élaboration de la cuisine, conservation des aliments
- industrie rurale et commerce : éclairage, approvisionnement, procédés industriels
- services communautaires : pompage, réfrigération, conservation de médicament, éclairage des bâtiments publics

Le photovoltaïque ne peut répondre qu'à une partie de ces besoins énergétiques. Comme on a pu déjà le noter avec les productions de modules, le système solaire individuel est aujourd'hui le système qui a fait le plus ses preuves et qui est le plus demandé en milieu rural . Pourtant, il ne répond pas toujours aux besoins de la communauté (trop petit) et pour les mêmes raisons ne rentre pas toujours dans un schéma direct de génération de revenus. Nous verrons cependant que des micros entreprises qui introduisent le commerce du solaire au niveau rural en louant les équipements, en assurant leur maintenance, ou en permettant leur achat par micro-crédits sont quant à elles génératrices de revenus.

Dans le contexte de la recherche d'applications photovoltaïques productives d'énergie un questionnaire a été adressé par la FAO (Food and Agricultural Organisation, Etats Unis) aux principaux acteurs de projets PV : ONG, organismes de coopération et producteurs de modules. Ils devaient se prononcer sur les applications photovoltaïques qui leur semblaient avoir le plus d'impact et dont le potentiel pour le développement rural leur semblait le plus important. Notons que les personnes interrogées pouvait se prononcer sur plusieurs applications (d'où un total supérieur à 100%)

Réponses au sondage :

1. Pompage : irrigation	30 %	
2. apport d'eau pour le bétail	9 %	
3. pompage d'eau potable	35 %	
4. purification d'eau	12 %	
5. cloture électrique	16 %	
6. éclairage de poulailler ou étable	14 %	
7. équipements de bureau (ordinateur, fax, photocopieuse, etc..)	16 %	
8. communication : radio ou téléphone portable	42 %	
9. centres de santé (conservation, réfrigération, etc..)	44 %	
10. service vétérinaire (conservation, réfrigération, etc..)	9 %	
11. production de froid (maison, commerce, produits agricoles, lait, produits de pêche etc...)	16 %	
12. services commerciaux (épicerie, café, restaurant): éclairage, télé, radio, et petits appareils électriques	47 %	
13. micro entreprises (réparation, manufacture) : éclairage, alimentation de petits appareils électriques	19 %	
14. domestique : éclairage, téléviseur, radio,	81 %	
15. tourisme : éclairage, téléviseur, ventilation, conditionnement d'air	21 %	
16. écoles et établissements communautaires : éclairage et audiovisuel	37 %	
17. éclairage des rues	28 %	
Autre	Monitoring pour l'irrigation	2 %
	Éclairage lors de la pêche	5 %
	Lanternes solaires	1 %

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

Ci dessous les réponses des mêmes acteurs sur les secteurs qui bénéficient le plus de l'influence du PV et qui sont le plus impactés :

Production Agricole	35 %
Commerces et productions non fermières	40 %
Services sociaux et communautaires	60 %
Domestique	81 %

La encore, c'est l'impact de l'utilisation domestique qui est remarqué. Pourtant, 40% des personnes ont noté un impact du photovoltaïque sur les productions non fermières. Et plus de 35% d'entre eux ont reconnu un impact sur la production agricole.

I.2 Remarques sur les systèmes photovoltaïques individuels

Bien que les systèmes solaires individuels soient sujets à controverse lorsqu'on tente de discuter de leur impact économique, certains textes dégagent certaines réponses intéressantes.

Ainsi, une étude conduite au Népal sur un échantillon de 250 ménages révèle que 15% des interrogés déclarent avoir perçu une augmentation de leurs activités génératrices de revenus grâce à leur Système Solaire Individuel (AEPC/DANIDA,1999). Ces activités sont généralement la couture, la confection de paniers, et d'autres petites activités artisanales. En général, les interviewés ont dénotés une augmentation de leur temps de travail de 1.5 par jours.

- Les Système Solaires Individuels (SSI) achetés sont de taille de plus en plus importantes. Ces larges systèmes devraient introduire un « excès d'énergie » au delà des simples besoins en éclairage et en audiovisuel. Si cette tendance se confirme et qu'elle vient se combiner à un abaissement du coût des SSI, le potentiel d'impact de développement économique de ces systèmes deviendrait plus important que ceux reconnus aujourd'hui. Certains projets implantent en Chine par exemple de larges SSI (de 100 à 300 Wc) et des systèmes hybrides. Ils ont démontré que l'utilisation de l'électricité en excès est liée directement à une augmentation de la productivité. 50% des usagers utilisent leurs équipements domestiques afin de gagner du temps sur leurs activités génératrices de revenu.

En Chine, l'une des applications intéressante des appareils domestiques est l'utilisation de la machine a laver pour séparer le beurre du lait.

L'autre appareil ménager utilisé à des fins productives est la machine à coudre qui peut fonctionner sur des SSI. L'énergie requise par ces machines est de l'ordre de 50/75Wh par jours pour une machine à coudre de 80 W. Cette dernière application peut facilement être introduite en augmentant légèrement la taille des SSI traditionnels de 20 Wp, dont le coût supplémentaire est faible (cf. chap.II).

- Les SSI permettent de faire des économies sur les sources d'énergie traditionnelles telles que le pétrole, les bougies, les piles, etc... Au Kenya, l'introduction de petits SSI de 10-12 Wc à moins de 100US\$ permet de faire des économies de l'ordre de 10US\$ par mois pour les dépenses en combustibles traditionnels. Le système est remboursé en moins de 2 ans (v.d. Plas, Hankins, 1997). Il faut bien sur cependant ajouter les coûts de maintenance du système.

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

Dans ce rapport, les applications des systèmes photovoltaïques à des fins productives seront déclinées par secteur d'activité en essayant d'identifier leur impact économique et les possibilités de développement qui leur sont liées.

Ainsi, nous passerons en revue les applications photovoltaïques dans l'agriculture, les entreprises de manufacture ou de service et dans les commerces. Pour chacun de ces secteurs d'activité, nous essaierons d'établir quelles sont les technologies actuelles, comment elles s'opèrent et quel est leur avenir au Sénégal. L'étude sera agrémentée d'exemples de telles applications.

II. Les applications photovoltaïques en Agriculture

L'utilisation du Photovoltaïque en Agriculture devient très courante. Surtout dans les pays de l'Amérique Latine, mais aussi aux Etats-Unis. Dans ces pays, les applications sont essentiellement l'approvisionnement en eau et l'alimentation de clôtures électriques. Le pompage est l'application la plus connue.

D'autres applications originales existent telles que : le contrôle des parasites, l'aération par bullage des bassins d'aquaculture, l'éclairage pour la pêche, l'éclairage des volailles.

Note : c'est dans le domaine de l'agriculture que l'on trouve le plus de systèmes hybrides.

Inventaire des applications photovoltaïques dans le milieu de l'agriculture :

TYPE D'APPLICATION PV	DIMENSIONNEMENT TYPIQUE DES MODULES	EXEMPLES
Éclairage et conditionnement d'air d'élevage de volailles pour augmenter la production	50-150 Wc, électronique, batteries, plusieurs réglettes, ventilateur	Egypte, Inde, Indonésie, Vietnam, Honduras, Sénégal
Irrigation	900 Wc, pompes courant continu ou alternatif et réservoir d'eau	Partout en Afrique, Amérique Latine, Etats Unis, etc...
Abreuvoirs	Même système	US, Australie
Clôture électrique	2 – 50 Wc panel, batterie,	US, Australie, Nouvelle Zélande, Mexique
Contrôle de parasites ou rongeurs	Lanternes solaires utilisées pour attirer les rongeurs hors du champ	Inde (Winrock Intl.)
Réfrigération pour conservation des produits agricoles (fruits essentiellement)	Systèmes hybrides PV/éolienne hybrid ou 300-700 Wc PV avec réfrigérateur courant continu DC (jusqu'à 300l) ¹	Indonésie (Winrock Intl.)
Cliniques vétérinaires	300 Wc, batterie, réfrigérateur ou congélateur, 2 lampes réglettes	Syrie (FAO project)
Pompes d'aération pour poissons et crevettes d'élevage (pisciculture)	pour un bassin de 150 m ² : 800 Wc, batterie (500 Ah), électroniques, pompe courant continue	Israel, USA
Incubation d'oeufs	Jusqu'à 75 Wc, boîtes intégrées pour couvrir 60 oeufs	Inde (Tata/BPSolar), Philippines (BIG-SOL project)
Asperseurs	5 Wc	Inde (southern states)

Parmi les applications pertinentes pour le Sénégal nous retiendrons :

- L'irrigation
- Le conditionnement d'air et l'éclairage pour les poulaillers
- Le moulin solaire
- L'aération de bassins pour la pisciculture
- La pêche éclairée
- Le froid solaire
- La lutte contre les animaux néfastes pour les cultures

¹ les réfrigérateurs solaires sont présentés en Annexe 2 et au chapitre IV.1

II.1. L'irrigation

Les techniques traditionnelles d'irrigation, telles que l'épandage, impliquent d'inonder de temps en temps les cultures avec de grandes quantités d'eau déversées. Dans ce cas, l'eau est souvent perdue car elle ne peut pas pénétrer les sols qui saturent. De plus, cette pratique conduit souvent à la dégradation du sol, particulièrement dans les climats aride (FAO, 1997).

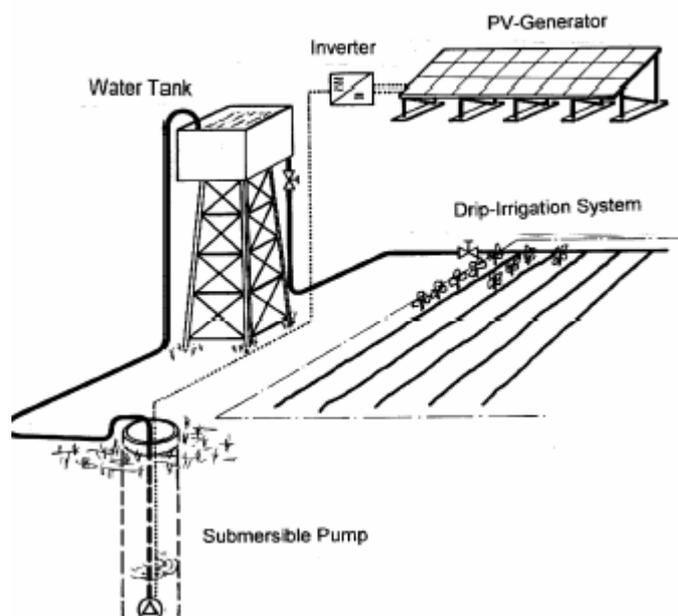
D'une manière idéale, l'irrigation doit se faire par de petites quantités d'eau et à fréquence élevée. Par le biais de systèmes goutte à goutte ou par l'utilisation d'asperseurs. De tels systèmes permettent également d'introduire des fertilisants sans polluer les sols environnants.

Le pompage par photovoltaïque est bien sûr connu et reconnu comme solution parfois unique. L'irrigation par photovoltaïque est elle moins connue. Les systèmes photovoltaïques de pompage sont souvent dessinés pour des hauteurs manométriques importantes (puits ou forages). Pour l'irrigation cependant, les hauteurs manométriques sont faibles, et les pompes d'irrigation alimentées par le photovoltaïque ne sont pas toujours bien adaptées.

Il y a 2 types d'irrigation possible avec le photovoltaïque :

- l'eau est stockée dans un réservoir. Ce type d'irrigation est basse pression, fréquent ou même constant : 0.2/0.5 bars.
- l'eau est directement injectée dans les tuyaux d'irrigation, souvent par une système de goutte à goutte, mais subira des fluctuations de pression.

Ce 2^{ème} système permet de réduire les coûts d'investissement de 35% par rapport au premier, et s'est révélé très efficace au Chili².



² Reinhold Schmidt CODING Manuel Gonzalez 2343, Afrique, Chili

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

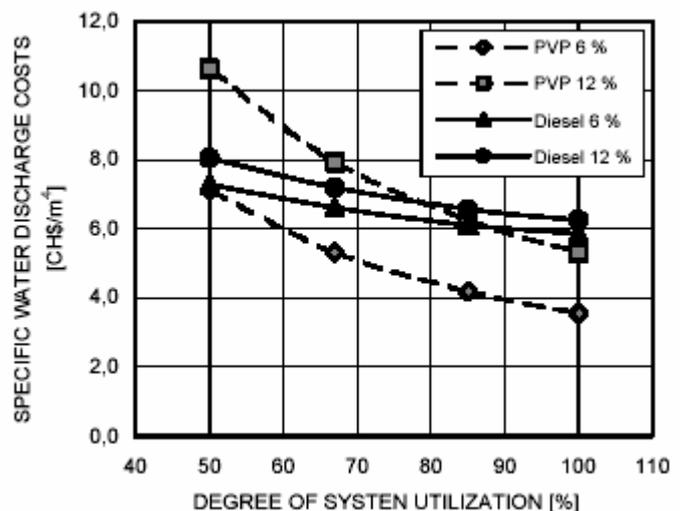
Approche économique : comparaison PV/Diesel (d'après une étude menée par la GTZ au Chili et en Ethiopie). Les conclusions tirées de ce programme sont spécifiques aux études qui ont été menées et sont difficilement transférables, mais elles permettent de découvrir des tendances.

Résumé de lecture :

- L'investissement de départ pour un système d'irrigation par photovoltaïque coûte approximativement trois fois plus cher qu'un système de pompage Diesel.
- Lorsqu'on réunit sur un même graphe les coûts des deux systèmes de production (PV/Diesel) en fonction de leur pourcentage d'utilisation (comprendre performance réelle contre performance demandée), si les systèmes photovoltaïques sont utilisés à plus de 60% / 70% de leur capacité, ils semblent être plus économiques que des systèmes diesels.

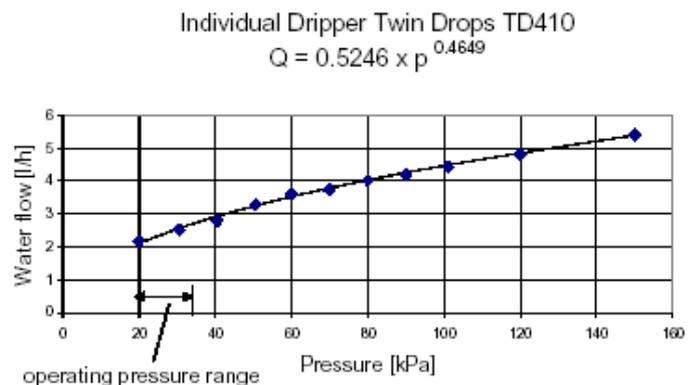


le « coût de décharge en m^4 » correspond à la hauteur manométrique de pompage multiplié par le débit :



Les conclusions du « workshop » sur l'irrigation par systèmes photovoltaïques sont :

- pour des systèmes de puissance inférieure à 4kW, le PV est économiquement plus avantageux que le diesel sur des surfaces de 1 à 3 hectares
- pour des superficies de plus de 5 hectares, le diesel est plus intéressant
- les systèmes de goutte à goutte ne sont pas bien adaptés à l'irrigation par PV, car ils ne supportent pas bien les changements de pression et n'opèrent que dans des tranches de pression bien spécifiques. Seul le modèle Twin Drop 410 donne satisfaction lors des essais puisqu'il fonctionne entre 20 et 40 bars.



Au Sénégal, l'irrigation solaire existe en Casamance et dans la région du fleuve pour des cultures maraîchères. Le système de goutte à goutte n'est cependant pas encore mis en place. Il s'agit souvent de canaux d'irrigation et de bassins de rétentions d'eau où les agriculteurs viennent puiser l'eau à l'aide d'arrosoirs. Après discussion avec Antoine Farcot de Total Energie³, il semble que des systèmes d'irrigation avec goutte à goutte soient à l'étude dans la région de la Casamance en partenariat avec la fondation Energies pour le Monde.

II.2. Eclairage et conditionnement d'air de poulailler

La lumière est un stimulus qui a une influence directe sur la production d'œufs. L'augmentation de la longueur des jours a une influence positive sur la ponte, leur raccourcissement, une influence négative. En conséquence, dans des conditions d'éclairage naturel, une poule de basse - cour, éloignée de l'équateur, commence à pondre lorsque les jours allongent au printemps Elle diminue sa ponte lorsque les jours décroissent en automne. Cela signifie que toutes les poules d'une même région, avec programme naturel, atteignent une production maximale au même moment de l'année, causant ainsi une surproduction et des prix dérisoires en certaines saisons, une sous - production et des prix élevés le reste du temps.

Au Sénégal, où la durée d'éclairage ne varie par beaucoup (autour de 12 heures tout au long de l'année, ces effets ne sont pas flagrants. Pourtant, **les pondeuses ont besoin de 14 à 16 heures de lumière par jour pour un optimum de production.** Si elles en ont moins, ou si la longueur des jours diminue, la production en souffre. On peut donc facilement envisager l'installation de systèmes d'éclairage à l'aide de panneaux photovoltaïques.

Attention cependant, si des poulettes de moins de 21 semaines sont exposées à des jours allongés, elles peuvent se mettre à pondre avant d'être prêtes physiquement à maintenir la production. Les poussins et les poulettes doivent avoir des jours croissants en lumière jusqu'à ce qu'ils atteignent 21 semaines.

Lorsque l'éleveuse est arrêtée, il est conseillé d'utiliser des lampes avant le lever du soleil et après la tombée du jour pour allonger les jours artificiellement. **Une ampoule de 40 watts est suffisante pour 160 pieds carrés.** Ou encore lorsqu'une intensité de l'éclairage de 5 lux est atteinte à la hauteur des animaux.

Enfin, la présence d'un ventilateur peut contribuer à abaisser la température du local, et permettre aux jeunes poussins de mieux s'alimenter donc de grossir plus vite.

Selon les retours de tels conditionnements d'air et d'éclairage utilisés en Europe, on enregistre jusqu'à 15% d'augmentation de la production.

Couveuses :

Il n'y pas de documents existants sur les couveuses utilisées par BP Solar en Inde. Cependant, produire de la chaleur à l'aide de panneaux photovoltaïques n'est sans doute pas la solution la plus adéquate (faible rendement). Produire de la chaleur à partir d'un panneau solaire passif (chauffe eau solaire) est plus indiqué.

³ Total Energie Afrique de l'Ouest: 3 Bd du Centenaire, Dakar. 832 39 45

II.3. Le moulin solaire

C'est une application originale qui est née essentiellement au Sénégal, créée par l'inventeur espagnol Siphely dont l'entreprise s'appelle CMR⁴. Les caractéristiques techniques de ce moulin sont :

- 24V, Courant Continu
- 1,5kW @ 4700 tr/mn
- 1kW en moyenne
- débit de grain à puissance nominale : 150 Kg/h
- système de démarrage et protection : rhéostat

Pour une autonomie de 2h/jour en moyenne il faut prévoir :

- un générateur de 600Wc (12 modules de 50 Wc par exemple)
- une accumulation de 100 Ah cyclables 2000 fois au minimum (10 batteries à plaque 105 Ah ou 6 batteries tubulaires de 69Ah)
- un régulateur/délesteur
- poids : 100Kg



Les avantages de ce moulin :

1. il peut être entraîné directement aux vitesses requises et ne nécessite pas de changements de vitesse (peu de parties mobiles, et donc moins de risque de tomber en panne), à contrario du moulin classique qui lui fonctionne par le biais d'un jeu de poulies,
2. l'arbre du moteur peut être accouplé directement aux marteaux, ses roulements servant de paliers au plateau,
3. le plateau avec ses marteaux et le moteur deviennent ainsi une unité (arbre solaire), interchangeable et transportable à volonté, ce qui est un avantage non négligeable pour la maintenance

Ce moulin doit être prochainement étudié par le CERER⁵ pour attester ses performances. Il est présenté en Annexe 1.

Le moulin classique :

Un moulin diesel de 11cv tournera à 3600 tr/mn par l'intermédiaire d'un système poulie/courroie, et utilisera plus de marteaux pour produire les mêmes performances qu'un moulin à courant continu dont la vitesse de rotation est supérieure.

⁴ Alternativas C M R, S.L. - POB 123 – Lomo del Capón,74 – E-35017 Las Palmas de Gran Canaria
Tél. +34 928 430 773 <mailto:cmr@ran.es> - <http://www.alternativascmr.com/>

⁵ CERER : Centre de Recherche en Energies Renouvelables. Dakar tél : 832 37 79

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

La présence de courroies et de poulies rendent sa fabrication plus chère et nécessite souvent plus de maintenance, bien que les réparations soient souvent minimales.

Ex : celui d'Equip Plus⁶ pour des capacités de 150 à 360 Kg par heure coûte 2 360 000 FCFA. Il consomme environ 1.5 l/h.

Etude comparative :

En faisant le calcul sur le prix du diesel à 350 FCFA/l, si on considère un fonctionnement de 2h par jours (soit 300Kg de farine par jours), le moulin solaire devient plus intéressant à partir de la 2^{ème} année. On ne tient pas compte dans le calcul des tarifs de maintenance que l'on suppose sensiblement identiques.



Commercialisation :

L'entreprise Montégrisol⁷ basée à Louga fabrique et commercialise ces moulins solaires. Six d'entre eux sont aujourd'hui installés au Sénégal et fonctionnent depuis 2 ans pour le plus vieux.

Le moulin et son équipement (panneaux, batteries, régulateur, etc..) est vendu à 2 900 000 FCFA. Il est garanti 6 ans et le fabricant offre une maintenance de 2 ans.

Développement :

Mr Baba Mare (technicien de Montégrisol) songe à développer une décortiqueuse basée sur le même principe que ce moteur solaire.

Retour d'expérience :

▪ **Fondation Energie pour le Monde, Népal :**

réalisation : 1993/95

Equipement : 100 kits d'éclairage (bâtiments individuels et communautaires), un générateur solaire alimentant un moulin

Population concernée : 50 familles

Puissance installée : 600 Wc

Coût du programme : 430 000 FF

Le Haut Mustang, province reculée du Népal, est une région qui réunit toutes les conditions nécessaires pour accueillir un projet



⁶ EquipPlus : 3 .5 Bd du Centenaire Dakar.

⁷ Montégrisol, Louga : tel : 9674250

d'électrification par énergie solaire : manque ou inexistence de ressources locales, inaccessibilité, températures froides et bon ensoleillement. Depuis 1982, le programme ASVIN du CNRS s'était concentré sur l'installation de pompes solaires au Népal. En 1993, avec la Fondation Energies pour le Monde, le programme a étendu son champ d'action pour répondre plus largement aux attentes des populations. Le projet concernait l'installation d'une centaine de kits solaires pour des usages communautaires ou individuels et la construction d'un moulin alimenté par générateur solaire. Bien que nous n'ayons pas de chiffre, aux dernières nouvelles ce moulin fonctionne toujours et apporte satisfaction.

II.4. Pompes d'aération pour la pisciculture

Au Sénégal, la pratique de la pêche industrielle amenuise les ressources de poisson. Le Thiof en particulier, l'un des poissons les plus courants du Sénégal, est pêché dans de telles quantités qu'il menace de disparaître des côtes petit à petit. On envisage aujourd'hui l'élevage du Thiof en bassin d'aquaculture. L'IRD (Institut de Recherche en Développement) se penche sur le problème de l'évacuation des eaux usées sorties des bassins d'élevage. Un système de vase clos où l'eau circule par lagunage et où la présence d'algues permet d'absorber les impuretés est à l'étude (Mbour). Ce système de vase clos est donc adapté au milieu rural en zone non électrifiée. L'introduction de bulleurs permettant d'oxygéner l'eau dans ces bassins serait une solution appropriée dans les villages de pêcheur ne disposant pas de l'électricité.

Le but est de maintenir le niveau d'oxygène à 2 ppm dans les bassins. La concentration de l'oxygène dissout à saturation dans l'eau varie avec la température et la pression. Ce degré décroît lorsque la température croît. C'est pour cette raison essentielle que l'introduction de bulleur est nécessaire. Parfois, le taux d'oxygène dissout à saturation est même en dessous de 2ppm tant la température est élevée. Dans des pays chauds comme le Sénégal, cette situation peut apparaître fréquemment.

L'avantage qu'offre ici le photovoltaïque par rapport au courant du secteur, c'est qu'en milieu aqueux, les tensions faibles sont moins dangereuses. Si on ajoute à cela que l'accroissement de température qui nécessite un bullage plus intense sera mieux satisfaite les jours de beaux temps par une production accrue du panneau solaire, le photovoltaïque est en effet une solution bien adaptée au problème. L'aération continue requiert cependant la présence de batteries.

Retour d'expérience :

▪ **Université de Tel-Aviv, Israël :**

Une telle expérience a déjà eu lieu en Israël. La recherche menée dans un bassin de 150m³ d'une profondeur moyenne de 1.4m a valu l'installation de 16 modules de 55 Watts et d'une batterie de 500Ah, 6V. Un moteur à courant continu de 400W, 24V alimentait le bulleur qui consistait en une « roue à pale » (paddle wheel) (1500 tours minutes) jugée la plus adaptée pour ce genre d'application. Il a été conclu qu'une aération par intermittence (30mn on , 30 mn off) était suffisante et permettait de réduire l'aire des modules utilisés. Ainsi, 12 modules furent en fait suffisants pour faire fonctionner le système.

Exemple de matériel : Dankoff SP Bubbly - Solar Direct Aerator : 12 V PV-Direct Includes solar panel (10 W). Prix : 350 US\$.

▪ L'expérience Mexicaine :

Le commerce de la crevette et des poissons élevés dans des fermes d'aquaculture ont besoin de pompes d'aérations. Ces fermes sont souvent dans des régions éloignées et l'alimentation des appareils requis dans l'aquaculture fonctionnent aujourd'hui au diesel. Une étude menée par Sandia (Mexico Renewable Energy Programme) a démontré que l'utilisation de systèmes photovoltaïque serait plus rentable dans de nombreux cas.

II.5. La pêche éclairée

Des techniques de pêche utilisant la lumière pour attirer le poisson sont couramment utilisées. L'utilisation de la lumière sur les bateaux augmente la sécurité et les prises des pêcheurs.

Retour d'expérience :

▪ Indonésie

En Indonésie, des bateaux sont équipés de lampes fluorescentes dont trois sont sur le bateau et une étanche dans l'eau pour servir d'appât. Le système est de 100Wc.

Ce système est encore en cours d'expérimentation mais un système plus petit de 50Wc a déjà fait ses preuves. Environ 200 bateaux sont équipés à ce jour (source : site Web PRESSEA, 2000).

II.6. Les grands systèmes de réfrigération

La valeur ajoutée que pourraient prendre les cultures de fruit saisonnières (mangues, pastèques) ou les produits de pêche s'ils pouvaient être congelés ou conservés à basse température permettraient aux agriculteurs de générer des revenus supplémentaires à partir des mêmes cultures.

Pourtant aujourd'hui, les frigos ou congélateurs solaires ont du mal à se vendre. Il restent bien trop chers pour les communautés rurales. Un simple réfrigérateur solaire sans les panneaux, de 150 l, ne coûte pas moins de 1000 €(cf Annexe 2). Sachant que les tailles des réfrigérateurs ou congélateurs qu'il faudrait atteindre pour les applications agricole est de l'ordre du m³, on est encore loin de pouvoir satisfaire les besoins de froid avec du solaire.

Ce sont essentiellement la présence de batteries et de moteurs non adaptés au photovoltaïque qui rendent les frigos solaires chers et peu rentables. De plus, les taxes d'importation souvent hautes sur ces réfrigérateurs alors que les panneaux solaires bénéficient de taxes plutôt faibles freinent leur développement. Au Brésil par exemple, on essaie de développer les frigos solaires dans le pays lui-même pour éviter ce système de taxes trop importantes. Mais si cette tendance pourra changer à court terme pour les frigos de petite contenance domestiques (cf. chap. V.1), il faudra plus du temps pour pouvoir appliquer le froid solaire dans l'agroalimentaire. **La solution aujourd'hui pour les systèmes de production de froid dépassant le m³ se trouve dans les systèmes hybrides.**

Dans le court terme, les recherches s'accroissent sur

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

- les réfrigérateurs avec un moteur de type Stirling et à isolation sous vide. L'avantage du moteur Stirling est qu'il peut fonctionner en continue avec la possibilité de faire varier ses performances. Les compresseurs normaux sont eux de type on/off. Ce mode d'opération est plus adapté au solaire dans la mesure où il évite les pics de courant de mise en marche et d'arrêt.
- l'autre idée est de stocker l'énergie excédentaire qu'offriraient les modules dans de la glace plutôt que dans des batteries.⁸ (cf. chap. IV.1)

Retour d'expérience :

▪ **Mexico Renewable Energy Programme**

Sunwize Energy technologies, en partenariat avec le gouvernement de Chihuahua a introduit un système de 2.4kW hybride (solaire + diesel) dans une coopérative de 70 pêcheurs. Le système peut produire jusqu'à 500Kg de glace par jour et permet de conserver le poisson et de le vendre sur une période plus étendue. Les données concernant les retours sur investissement de tels systèmes, et la viabilité économique d'un système hybride par rapport à un système diesel unique sont manquantes. Cependant, selon l'entreprise Synergie, entreprise qui dessine et installe des systèmes hybrides, de tels projets sont en cours également au Bangladesh.

II.7. Elimination des insectes dans les cultures irriguées ou pluviales.

La lumière attire les insectes et peut les emmener à se faire piéger. Des systèmes peu coûteux de fabrication artisanale à partir de lampes solaires ont pu être mis au point en Inde. D'autres systèmes à base de photovoltaïque existent (notamment aux Etats Unis):

- émetteur de sons pour faire fuir les oiseaux.
- système à base tubulaire qui peut s'introduire dans les galeries creusées par les animaux et émettre un son qui les fait fuir :



- fréquence utilisée : 2000-5000Hz
- 6 volts courant continu
- prix : 20 Euros l'unité (par lot de 10)

⁸ source. BERCHOWITZ, 1977

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

reste à tester : l'autonomie de la batterie (considérée de 9 mois au minimum aux Etats Unis).

Retour d'expérience

- **Inde** : (source: Winrock⁹ REPSO magazine, Vol 3, No.3 1998)

En Inde, un ingénieux système pour attraper les chenilles à tête rouge (Red Headed Caterpillar) dont les parents sont des papillons qui apparaissent surtout au moment des pluies. Un système de bulbe lumineux disposé sur un récipient d'eau savonneuse ou de pétrole permet de piéger les insectes (conférer photo). En 1998, Winrock India a testé le système sur 100 hectares de terre en utilisant des lampes produites en Inde. Dans l'année de test, la zone ravagée est passée de 44 à 8 % de la surface totale. Ce système est applicable à n'importe quel type d'insecte volant parasite.



piège à insecte par lampe solaire en Inde

⁹ Winrock International is a private, nonprofit organization.38 Winrock Drive, Morrilton, Arkansas 72110
Phone: 501.727.5435 Fax: 501.727.5242

III. Le photovoltaïque dans l'artisanat

D'une manière générale, ce sont les Systèmes Solaires Individuels (SSI) que l'on retrouve pour des applications du photovoltaïque dans l'artisanat. Si ces systèmes ne servent parfois seulement qu'à l'éclairage, ils permettent aux artisans de travailler le soir, et d'augmenter ainsi leur productivité (on compte en moyenne 1.5 de travail supplémentaire par jour avec la présence d'un bon éclairage d'un atelier).

La qualité de la lumière que produit un SSI bien dimensionné est bien meilleure que celle d'une lampe à pétrole (400 lumens pour une lampe fluorescente de 8 W contre 60 lumens pour la lampe à pétrole de taille moyenne).

D'après une étude conduite au Népal (AEPC/DANIDA,1999) auprès de 250 ménages équipés de SSI, 13% des hommes et 11% des femmes interrogés ont perçu une augmentation de leur production artisanale avec la mise en place de leur SSI. Il s'agissait souvent d'activités de couture ou confection de paniers.

Inventaire des applications photovoltaïques principales dans l'artisanat :

Type d'entreprise	DIMENSIONNEMENT TYPIQUE DES MODULES	Exemple
Couturier	50-100 Wc, machine à coudre de type courant continu et lampe	Beaucoup de pays (i.e. projets NREL)
Magasin de réparation électronique	50-100 Wc lampe courant continu et fer à souder 12 V	Bangladesh (projet Grameen Shakti) Inde, Indonésie
Bijoutier	60 Wc lampe courant continu et fer à souder 12 V	Vietnam (projet SELF)
Réparateur de bicyclette	80 Wc lampe et petites perceuses	Vietnam – Province de Ha Tinh (projet IFAD)
Artisanat manuel (travail de bois, tissage, confection de paniers, etc....)	60-100 Wc pour des lampes et de petits outils	Nepal, Vietnam

Consommation énergétique de certaines activités artisanales : (source : [energie strategies for rural India. Evidences from 6 states, IBRD/WorldBank](#))

Activité artisanale	Kg équivalent de pétrole utilisé par an	Outillage nécessaire
menuisier	185	tour : 150W, perceuse : 50 W
tailleur	190	machine à coudre : 80W
potier	1400	
bijoutier	250	fer à souder : 30W
tisserand	250	

D'après les chiffres réunis dans ces deux tableaux, on voit que les activités artisanales les moins coûteuses en énergie sont :

- la couture,
- l'orfèvrerie,
- l'atelier de réparation électronique.

Ce sont les applications qui seront les plus pertinentes au Sénégal.

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

Dans l'outillage fonctionnant sur batteries, on trouve toute une gamme de produits qui peuvent être utilisés. Pour plus de précisions, se référer à l'Annexe 3 [outils sur batteries](#).

III.1. Atelier de couture

Les ateliers de couture comme la plupart des ateliers artisanaux, utilisent l'électricité pour s'éclairer. Cependant, l'alimentation de la machine à coudre avec le courant solaire est envisageable.

- Machine classique : 80W/220V/AC

Environ 150 €

Alimenter une machine classique par un système solaire impose :

1. de poser un onduleur : environ 120 000FCFA
2. un convertisseur de tension
3. une batterie : environ 110 000 FCFA.

- Machine à coudre spéciale pour le photovoltaïque:

Certaines machines à coudre à courant continu de 12 V existent sur le marché.

Cape Technikon¹⁰ a fabriqué une telle machine et a eu l'occasion de l'expérimenter dans la région de Kliprand (Afrique du Sud), dans un atelier de couture de 15 machines, installées en juin 2002.

Les caractéristiques de cette machine sont :

1. panneau de 55Wc,
2. régulateur interne,
3. conçue pour fonctionner sans batterie.



Avec l'aide financière du programme USAID –DEAT, elle est désormais commercialisée.

Prix de vente :

- 500 € pour la machine classique. Fonctionne directement sans batteries sur panneau 55W.
- 700 € pour une machine un peu plus puissante adaptée au cuir et tissus épais.

Etude comparative :

Si on considère une durée de vie de 4 ans pour la batterie, la machine à coudre spécial photovoltaïque peut être rentabilisée au bout de 2.5 ans.

Pourtant, avec cette machine, le travail ne pourra se faire que de jour.

¹⁰ Prof Ernst A Uken Head: Energy Technology Unit Cape Technikon PO Box 652 Cape Town 8000 South Africa

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

Retours d'expérience :

- **Partenariat Suntec et Singer au Sri Lanka**

Au Sri Lanka, Suntec Ltd., en partenariat avec Singer et avec l'aide d'ONG locales a mis en place plus de 400 magasins de couture.

- **Kenya**

Au Kenya, Solar Shamba, établit en 1985, a vendu plusieurs SSI cash dans le milieu rural et fut le premier à introduire la machine à coudre solaire.

III.2. Utilisation du Fer à Souder

Un petit fer à souder de 30W requiert seulement 20Wh/jour s'il est utilisé à raison de 40mn/jour. C'est parce que le petit fer à souder classique demande peu d'énergie qu'il est adaptable directement sur un SSI.

Ainsi, les petits ateliers de réparation d'appareils électriques et les bijoutiers en feront bon usage avec une installation solaire classique.

Retours d'expérience :

▪ **Chine**

Dans le village de Meking Delta (IFAD, 1998), un atelier d'orfèvre s'est équipé de panneaux solaires pour alimenter ses appareils et a enregistré une nette augmentation de son chiffre d'affaire (chiffre non disponible).

▪ **Bangladesh**

Au Bangladesh, grâce au programme Grameen Shakti, organisation leader dans l'utilisation de systèmes photovoltaïques, on a pu répertorier les applications suivantes en estimant le retour sur investissement de la part des artisans ayant acheté des SSI :

Entrepreneur	Type de Système	Utilisation de l'Energie	Estimation du revenu supplémentaire engendré
Mr Hanif	module solaire 17W, 2 lampes fluorescentes de 7W fluorescent	Éclairage d'un atelier de menuiserie fonctionnant avec un moteur diesel.	US\$20.00 par jour (4 heures de travail supplémentaire)
Mr Manik	module solaire 34 W, 2 lampes fluorescentes de 7W, une alimentation télé et radio et une alimentation de fer à souder	Magasin de réparation d'appareils électriques	US\$25.00 par jour

III.3. Programmes internationaux d'atelier de fabrication

Certains programme internationaux visent à promouvoir des activités au sein d'une communauté rurale qui désire s'éclairer au solaire afin de générer des revenus en partie consacrés au remboursement de ces systèmes.

Retour d'expérience :

▪ **Népal, Himalayen Light Foundation**

En Septembre 2001, Himalayen Light Foundation a lancé un programme « Papier et Electricité » dans la province de **Bongadovan au Népal**. 90 SSI ont été installés. Ce projet est basé sur deux principes : apporter l'électricité dans les villages par le moyen de SSI et inculquer aux habitants les techniques de fabrication du papier pour générer des revenus. Les familles se servent uniquement des SSI pour améliorer les conditions d'éclairage des ateliers de fabrication de papier. Il s'agit d'un moyen pour les familles de rembourser les frais d'installation de leurs systèmes solaires individuels et de pérenniser une activité génératrice de revenu. *Une année suite au lancement de l'opération, 2 nouveaux systèmes ont pu être installés grâce aux revenus de ces activités.*

▪ **Projet ENSIGN, Malaisie (UNDP)**

Le projet ENSIGN en Malaisie (UNDP) a été créer pour « financer l'énergie pour des services et des opportunités de création de revenus pour les pauvres ».

Ce programme, coordonné par le Centre de développement Asiatique et Pacifique de Malaisie a initié 24 projets pilotes dans 7 pays d'Asie. Ces projets ont procuré des services modernes d'énergie destinés à des activités génératrices de revenu. 219 ménages étaient ciblés par le projet. La plupart des activités étaient basées sur l'électricité du réseau mais quelques unes étaient développées à l'aide de l'énergie solaire. La majorité de ces activités étaient artisanales : bijoux, couvertures de matelas, enveloppes, etc...D'autres étaient des activités de services telles la moulure de grain, le pompage de pneus, etc..

D'une manière générale à l'échelle du projet, la moyenne des revenus des ménages cibles s'est accrue de 50%. Une part de ce revenu était utilisé pour payer le service électrique.

IV. Les applications photovoltaïques dans le commerce et les sociétés de service

Les applications les plus courantes restent ici encore l'éclairage des magasins qui leur permet de rester ouvert plus tard le soir et d'être plus conviviaux, donc d'attirer davantage la clientèle. Plusieurs retours d'expériences le confirme :

- en République Dominicaine par exemple, un magasin a reporté une augmentation de 60% de son chiffre d'affaire grâce à l'introduction de la lumière et de la radio (source Cabraal, 1996).
- en Chine, l'introduction de la télé et de la lumière dans un restaurant en Mongolie a permis au restaurant d'enregistrer des bénéfices de 722US\$ supplémentaires durant les 6 mois qui suivirent l'installation (source Richter, 1997).

Mais ces applications, si elles sont génératrices de revenu, ne participent pas au développement de la communauté et ne sont pas d'un grand intérêt dans cette étude.

Inventaire des applications photovoltaïques dans le commerce et les services :

TYPE D'APPLICATION	SYSTEME TYPIQUE UTILISE	EXEMPLES
Cinéma de Village	100-150 Wc avec des lampes courant continu, Télévision Couleur (80W) et Vidéo (20 W) ou Satellite	République Dominicaine (ENERSOL), Vietnam (Solarlab), Honduras (Soluz)
Stations de recharge de batterie	0.5 - 3 kWc avec des chargeurs de batteries courant continu et des recharges pour les particuliers et	Maroc (Noor Web), Philippines (NEA), Senegal, Thailand, Vietnam (Solarlab), India, Bangladesh
Services de locations et de ventes	50 Wc, électronique, batterie, reglettes	Inde (NEC), Bangladesh (Grameen Shakti project)
Restaurants et café : lumières, radio/télé, mixeurs, cafetières	20-300 Wc.	Beaucoup de pays. Application originale : bar Karaoke aux Philippines. Karaoke bar in Philippines (NEA)
Service de téléphone portable	Système de 50 Wc avec 2 lampes and une prise pour recharger les téléphone portables	Bangladesh (Grameen Shakti)
Equipement d'ordinateur dans des bureaux ruraux	300 -600 Wc ordinateurs (100W), imprimantes (200W), etc.	Bangladesh, Costa Rica, Chili
Service Internet pour du commerce en ligne	Intégré à des Systèmes Solaires Individuels	West Bank (Greenstar project)

Les applications que nous retiendrons ici sont :

- la station de recharge de batterie, pour son aspect de développement d'une activité solaire formatrice et souvent communautaire,
- le service de location-vente, pour son potentiel commercial,
- le multimédia, pour son aspect éducatif, et ses potentiels de e-business.

IV.1. La station de recharge de batterie

La station de recharge de batterie (Battery Charging Station : BCS) est une application intéressante de type photovoltaïque développée dans les années 90 pour servir le marché des ménages qui ne peuvent pas avoir accès à des Système Individuels. Il s'agit souvent de

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

personnes qui utilisent une batterie classique type 12 V pour alimenter une lampe et un téléviseur. Ces systèmes ont été installés un peu partout dans le monde dont le Sénégal, la Colombie, le Mali, le Maroc, la Thaïlande (plus de 1000 BCS installées entre 1988 et 1998 par un programme gouvernemental).

L'avantage de la centrale de recharge est qu'elle concentre ses activités en un seul lieu. Elle est de ce fait facilement gérable, et elle minimise les coûts d'installations.

Ces systèmes appartiennent souvent au gouvernement et sont gérés par des communautés locales, un entrepreneur local, ou une compagnie de service électrique.

Le profit de telles entreprises doit être calculé en fonction des marchés spécifiques (prix local de la recharge de batterie, accessibilité et coût du pétrole pour l'alternative d'une centrale de recharge de type diesel). Le client devra payer à chaque recharge ou de manière mensuelle en ayant droit à un nombre défini de recharges par mois. Il est reconnu que les stations de recharge éoliennes ou hydroélectriques, qui bénéficient d'économies d'échelles, sont plus rentables que les BCS photovoltaïques. Cependant au Sénégal, on parlera surtout de tels systèmes car ce sont les plus adaptés.

Les batteries doivent-elles appartenir à l'utilisateur ou à l'entrepreneur ?

Cette question est délicate, car les deux possibilités ont leurs avantages et leurs inconvénients.

1. l'utilisateur possède sa propre batterie : il en prendra sans doute plus soin que s'il la loue à l'entrepreneur. Pourtant, ce système a le désavantage de ne pas avoir un même parc de batteries et donc de ne pas pouvoir dimensionner de manière optimale la station de recharge.
Pour éviter de trop grosses décharges et donc un usage des batteries trop rapide, l'entrepreneur pourra conseiller aux usagers d'installer un disjoncteur basse tension dans leur maison.
2. l'entrepreneur achète les batteries : il pourra avoir des tarifs d'achat de gros. Il effectuera une meilleure maintenance des batteries.
Pour éviter une trop grande décharge des batteries, il pourra acheter des batteries avec un disjoncteur basse tension incorporé. Mais dans ce cas, l'utilisateur n'aura sans doute pas tendance à prendre soin de la batterie (transport, manipulation...).

Retours d'expériences :

▪ **Maroc : formation de techniciens :**

Date de réalisation : **1993/94**

Population concernée : **1 000 foyers**

Installation : **7 générateurs solaires pour recharger des batteries**

Puissance installée : **6 720 Wc**

Coût du programme : **600 000 FF**

L'Association Energie pour le Monde a fourni à 7 "douars" des générateurs solaires de 960 Wc qui permettent de recharger 8 batteries par jour. Ce projet s'est monté en partenariat avec les Charbonnages de France (les Houillères du Bassin de Lorraine) dans le cadre de la reconversion volontaire de travailleurs



Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

marocains de retour dans leur pays. L'Association marocaine de l'industrie solaire (Amisol), partenaire local de la Fondation et le cabinet d'études en reconversions sociales Mosaïque ont participé au projet. Les anciens mineurs, formés à l'électricité photovoltaïque par la Fondation Energies pour le Monde, ont créé leur emploi grâce à ces installations.

▪ **Brésil : fondation Teotonio Vilea (FTV)**

En 1996, la FTV a lancé un programme pour aider les entrepreneurs locaux à gérer une station de recharge financée par les Banques Golden Genesis et Notheast Bank of Brazil. Les entrepreneurs de chaque communautés avaient la charge de collecter, administrer et faire la maintenance des systèmes en les remboursant petit à petit.

▪ **Colombie : centres de santé, stations de recharge et vidéo cinémas (NREL, 1998)**

Quatre communautés rurales dans la province de Choco utilisent le photovoltaïque dans leurs centres de santé. Pour générer les fonds nécessaires à la maintenance de ces systèmes, des assemblées communautaires ont créé des micro entreprises. Les micro entreprises créées furent 4 vidéo cinémas, 2 centre de recharge de batteries et un magasin de vente de lampes photovoltaïques. 2 techniciens de chaque communauté étaient choisis pour être formés à la maintenance des installations.

En 9 mois, les communautés ont fait des bénéfices allant de 335 à 655 US\$, ce qui s'est avéré suffisant pour la maintenance des systèmes.

IV.2. Le service de location-vente

Sans nous étendre sur les aspects financiers et les solutions de micro crédits apportées aujourd'hui au développement des entreprises de commercialisation et de service photovoltaïque, nous verrons comment ces commerces peuvent fonctionner et dans quelles mesures ils peuvent générer des revenus.

IV.2.1. Les micro entreprises locales

Le service de location vente peut être engendré par des petits commerces locaux de photovoltaïque (tel Noor Web au Maroc). Il ne s'agit pas ici du service de location que peut proposer une entreprise de service électrique, bien que de telles entreprises peuvent financer des boutiques locales.

Les micro entreprises locales de location-vente de systèmes photovoltaïques peuvent prendre la forme d'un magasin accompagné d'un service après vente. Elle peuvent employer 2 à 3 personnes seulement et requièrent généralement un capital de moins de 3 000 000 FCFA pour commencer. Elles bénéficient d'une position géographique avantageuse car elles sont proches des consommateurs.

Il s'agit souvent d'entrepreneurs à l'origine de la création de chaînes de boutiques solaires. Ces entrepreneurs jouent souvent un rôle essentiel entre les producteurs et les consommateurs hors du réseau de vente habituel.

La pyramide ci-dessous décrit le potentiel d'utilisateurs de Systèmes Photovoltaïques lorsqu'il s'agit de ventes « cash », de crédits d'aides à l'achat, et de services location-vente .

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

Alors que 50% des ménages des populations rurales ne peuvent souvent pas s'offrir de systèmes photovoltaïques, on peut toucher 15 à 20% de la population par l'intermédiaire de service de location de matériel.



Pyramide des utilisateurs potentiels selon le mode d'achat de l'électricité solaire (source : NREL ; Renewable Energies for micro entreprises)

Ces locations pourront être assurées par des entreprises locales ou des sociétés de service électrique.

L'avantage des boutiques solaire est de permettre de former des techniciens locaux. Elles obtiennent souvent des crédits des distributeurs, qu'elles sont à même de payer suite à l'installation de systèmes. Le service de location est une autre source de revenu pour ces boutiques. Des profits générés, la boutique s'équippa souvent en pièces électroniques ou batteries pour le service après vente.

On estime que pour que la boutique vive uniquement des services de maintenance ou de locations de système, elle doit avoir installé au minimum une centaine de modules.

Retours d'expériences :

▪ **Maroc : Entrepreneurs locaux : Noor Web**

Noor Web S.A. est une entreprise du secteur privé basée à Marrakech, dont le but est le développement de l'énergie dans le monde rural et la fourniture des services nécessaires. Son activité principale est l'implantation de micro-entreprises productrices d'énergie dans les villages marocains non reliés au réseau. Ces entreprises "franchisées" nommées Dar Noor (Boutiques solaires) appartiennent à des entrepreneurs locaux qui en assument la direction. La fonction principale de Noor Web est d'assurer à ces entrepreneurs locaux le support technique et les conditions de rentabilité et de stabilité indispensables à leur activité.

Dans la phase de démarrage du réseau Noor Web, quatre boutiques solaires (Dar Noor) ont été ouvertes et fonctionnent actuellement au titre de boutiques-pilotes. Ces boutiques ne se contentent pas de vendre du solaire, elles offrent aussi des services. Celle de Lamzoudia, par exemple est équipée d'un générateur de 1.3 kW et d'une station de recharge à six postes. A termes, ces boutiques devraient également abriter des mini réseaux de distribution.

C'est la seule application privée à ce jour qui montre qu'un système de franchise dans un réseau d'entrepreneurs locaux peut permettre à des boutiques solaire de fonctionner de manière rentable.

▪ **République Dominicaine : programme ADESOL/Enersol et boutiques solaire**



L'Association pour le développement de l'Énergie Solaire ADESOL en république dominicaine procure des aides de financement à des utilisateurs de panneaux photovoltaïques par l'intermédiaire d'un réseau de micro entreprises.

Parmi elles, Electricidad del Sol, dans les Nord Est de la république dominicaine. Cette boutique, qui offrent une variété de systèmes solaires, joue le rôle également de tierce partie dans les financements proposés par ADESOL. Avec une marge de 20% sur chacun des systèmes vendus, et des ventes de 5 à 6 systèmes par mois, l'entreprise emploie trois personnes. Le nombre de systèmes installés n'étant pas encore suffisant, le patron de l'entreprise complète encore ses revenus grâce à de l'élevage.

▪ **Bangladesh : banque Grameen et programme Grameen Shakti.**

Au Bangladesh, un même système de micro financement que ADESOL a été mis en place par la banque Grameen. Les membres joignent cette banque par groupe de 5 au minimum avec l'accord que si l'un des 5 membres ne rembourse pas, les autres n'ont plus droit au prêt. Ce système a permis un remboursement de 98% des prêts octroyés.

Récemment, un programme d'aide d'encouragement au développement de l'énergie solaire au Bangladesh, initié par USAID en partenariat avec la banque Grameen, porte le nom de Grameen Shakti. Il est essentiellement destiné à la promotion de l'énergie solaire pour les micros entreprises (se référer au chapitre V sur les plates formes multifonctionnelles).

En 2003, ce programme a installé 1400 système solaire au total ce qui représente plus de plus de 700kWc et une vente de plus de 100 systèmes solaires par mois.

Typiquement, un consommateur paye 25% du système et les 75% restant peuvent être payés en 2 ans, avec 8% de charge pour le service. Si un client peut acheter cash, il bénéficie d'une réduction de 4%.

Grameen Shakti forme des techniciens dans l'installation et la maintenance des systèmes. A ce jour, 550 techniciens et 3500 clients ont bénéficiés de ce programme.

Un des bénéficiaires du programme qui tient un magasin, a acheté un système avec 6 lampes. Il en garde une dans son magasin, et loue les 5 autres à des magasins voisins. Ce système de location lui assure un revenu supplémentaire de 12.5 US\$ par mois (il fait payer environ 2.5 US\$ par lampes/mois). Les magasins voisins ont également une marge bénéficiaire plus grande grâce à ce système car la lumière attire plus de consommateurs.

IV.2.2. Les associations locales ou les particuliers assurant le service de location-vente

Le service de location peut également être apporté par des associations locales ou des particuliers. Dans ce cas, le service de location est un moyen pour ceux qui possèdent le matériel photovoltaïque d'engendrer un revenu. Pour certains, il s'agira de louer des petits systèmes solaires individuels, soit achetés à cet effet, soit utilisés de manière ponctuelle et qui peuvent être prêtés. Pour d'autre, il s'agira de « louer l'électricité » à des voisins par l'intermédiaire d'une installation électrique.

Retours d'expériences :

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

▪ Sénégal : centre de santé et service de location. Fondation Energies pour le Monde.

Date de réalisation : 1989/96. région de Thiès (à l'est de Dakar), dans celle de Fatick-Kaolack (au sud-est de la capitale) et dans la province méridionale de la Casamance.

Partenaires : La société locale Buhan et Teisseire a réalisé les installations. Le programme se poursuit aujourd'hui en partenariat avec EDF. Le bureau d'études Semis (Service de l'énergie en milieu sahélien).

Programme : équipement de 41 dispensaires de santé, de maternités, d'écoles et de foyers de jeunes

Puissance totale installée : 7 300 Wc

Coût du programme : 4,3 millions FF

En 1993, l'Association des postes de santé privés catholiques du Sénégal (APSPCS) prenait contact avec la Fondation Energies pour le Monde et lui demandait d'étudier la possibilité d'électrifier les centres de soins que gère cette association dans différentes régions du Sénégal. L'investissement de départ a été rendu possible grâce à une contribution de bailleurs de fonds extérieurs. Les seuls équipements représentent environ 5 000 000 FCFA pour chaque site. Lors de ses différentes réunions, le comité de pilotage a étudié dans quelle mesure on pouvait faire appel financièrement aux bénéficiaires du programme Energie-Solidarité Sénégal.

Les centres de santé ont dû verser une contribution initiale à l'APSPCS, représentant 5 % des coûts d'investissement, qui a été réglée avant l'installation des matériels ; ils ont ensuite souscrit avec l'APSPCS un contrat qui leur impose un versement mensuel représentant un montant moyen annuel de 90 000 FCFA.



Parmi les fonds de financement, il y a eu une mise en place d'une procédure de location (ou, parfois, de location-vente) de lampes portables ou de kits solaires individuels. Les intéressés, qui souvent ont découvert l'énergie solaire à travers l'équipement d'un bâtiment collectif de leur village, ont réservé un accueil extrêmement favorable à cette initiative. Les locations sont souvent au moment des fêtes familiales ou des cérémonies. Tous les partenaires ont, bien entendu, participé à cette extension périphérique du programme, qui présente deux avantages importants : **diffuser l'électricité à l'échelle individuelle et assurer de nouveaux revenus financiers aux centres de santé qui se chargent de louer les lampes et les kits.**

IV.3. L'utilisation de photovoltaïque pour les bureaux et le multimédia

Si l'alimentation d'ordinateurs et d'imprimantes par panneaux solaires sont souvent dans le domaine des centres éducatifs, certaines applications originales ont été répertoriées. En république dominicaine, certains bureaux ruraux sont alimentés avec des panneaux photovoltaïque (source Enersol). On trouve également du e-commerce.

C'est le programme Grameen Shakti au Bangladesh qui reporte aujourd'hui le plus d'installations de panneaux photovoltaïques alimentant des ordinateurs dans les milieux ruraux.

Retours d'expériences

- **Greenstar initiative**

Objectif : « Fusionner l'électricité solaire avec les technologies de l'information »

La fondation Greenstar est une ONG qui travaille en partenariat avec le Centre National américain des Energies renouvelables (NREL), l'UNDP, une compagnie d'Internet et un constructeur de panneaux photovoltaïques.

En Palestine, la fondation a électrifié une école dans le village de Al Kaabneh. Cette installation alimente les lumières, un ordinateur multimédia, un purificateur d'eau et un satellite.

Afin de rendre cette initiative génératrice de revenu, Greenstar a inventorié les produits locaux de cette communauté susceptibles d'intéresser des acheteurs sur internet. Parmi les produits sélectionnés, on trouve des instruments de musique, des poteries, des céramiques, des tapisseries spécifiques de la région susceptibles d'intéresser plus de 150 millions de personnes selon une étude de marché.

Greenstar est à l'origine de 4 « Greenstar Center Villages » de ce type. Les habitants sont formés pour savoir comment répondre aux commandes passées par internet. Une fois la licence de leur e-commerce acquise, les habitants du village deviennent des actionnaires de leur propre commerce.

Greenstar projète de créer 300 villages de ce type où les richesses sont créés à partir des ressources locales traditionnelles.

Pour plus d'information, se référer au site Internet www.greenstar.com. L'entreprise est trop récente pour connaître aujourd'hui ses retombées économiques.

IV.4. Le photovoltaïque au service des télécommunications

Aujourd'hui, des cabines téléphoniques à énergie solaire développées par Motorola et Iridium procurent le service téléphonique dans 80 pays du monde (source Sancton, 2000). C'est essentiellement grâce au développement du réseau local sans fil qu'un tel service est offert (un système de transmission par onde radio nécessite seulement quelques Watts pour fonctionner).

Si l'emploi de panneaux solaires pour les télécommunications cellulaires rapportent surtout aux opérateurs téléphoniques, certains commerces peuvent se créer dans le seul but d'offrir un service téléphonique. On peut également penser à un service de recharge de batteries de portables. On attend aussi de ce marché que se développe le service internet multimédia en milieu rural.

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

Au Sénégal, un partenariat entre Total Energie et Sonatel prévoit un projet d'installation d'un réseau de 80 bornes supplémentaire en zones rurales non électrifiées dans tout le pays.

Retour d'expérience :

- **Grameen Shakti**

Avec le projet Grameen Shakti, un commerce du village de Nabingar. utilise l'énergie solaire pour procurer un service de téléphonie.

- **Philippines**

Aux Philippines, un service de téléphonie né du programme « Municipal Solar Infrastructure Project (MSIP) » a été spécialement conçu pour connaître les prix du marché de poisson à Manille et aider les pêcheurs à organiser leur pêche en conséquence (source sit web PRESSEA et DOE, 1997).

V. Applications photovoltaïque pour des services communautaires

Les applications communautaires sont rarement génératrices de revenus sauf lorsqu'elles sont combinées avec d'autres services comme il a été décrit au chapitre précédent (centres communautaires gérant des services de locations, à l'origine de la création de vidéo cinémas, etc...).

Cependant, certaines applications, pour leur intérêt techniques (production de froid, épuration d'eau) seront retenues et décrites dans ce chapitre.

Inventaire des applications photovoltaïques pour des services communautaires :

TYPE D'APPLICATION	SYSTEME TYPIQUE UTILISE	EXEMPLES
Cliniques	150-200 Wc, électronique, batteries à cycles profonds, petit réfrigérateur ou congélateur	Beaucoup de pays
Eau potable	1 - 4 kWc, électronique, pompe, réservoir (généralement pas de recours aux batteries)	Beaucoup de pays en particulier dans le milieu Sahalien
Purification d'eau	Petits panneaux pour alimenter un système de purification d'eau à base d'UV (0.2-0.3Wh/l)	Chine, Honduras, Mexico, programme West Bank
Dessalination d'eau de mer	1 - 2 kWc pour osmose inverse pour 1m ³ par jour	Italie, Japon, USA, Australie, Emirats Arabes
Ecoles et centres de formation	Lumières, télé/video, orinateur	Chine, Honduras, Mexico, Philippines, Sénégal
Eclairage Public	35/70 Wc par poteau, batterie, 1 or 2 lampe fluorecente	Inde, Indonesie, Philippines, Brésil

Pour les raisons évoquées, nous retiendrons les applications suivantes :

- production de froid,
- purification d'eau,
- dessalination d'eau de mer.

V.1. Production de froid pour les cliniques

Au chapitre I, on décrivait le réfrigérateur solaire comme encore trop onéreux pour pouvoir atteindre le marché des populations rurales. Les centres de santé requièrent souvent des systèmes de petite taille qui bénéficient quant à eux d'un appui de programmes de recherche et de développement. Ce sont ces programmes qui emmèneront à développer des systèmes de plus grandes tailles.

Les réfrigérateurs solaires utilisés dans les milieu médical doivent être agréé par l'OMS.

Selon un rapport de l'OMS (Fact Sheet N132, September 1996), il est dit que :

« pourvu que les systèmes soient bien dimensionnés, correctement installés, et que les utilisateurs soient formés, les réfrigérateurs solaires ont une grande fiabilité. **Selon un sondage comparatif, le temps moyen enregistré entre chaque panne est de 2.6 années en Uganda et presque de 4 ans en Gambie.**

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

La même étude indique en revanche qu'en terme d'investissement et de coût de revient, le réfrigérateur solaire n'est pas encore compétitif par rapport au réfrigérateur à gaz. C'est essentiellement la maintenance de ces systèmes, qui impose à des réparateurs qualifiés de se déplacer souvent de loin, qui rendent ces systèmes peu compétitifs par rapport au réfrigérateur à gaz. »

V.1.1 Les modèles sur batterie

Les réfrigérateurs solaires classiques fonctionnant sur batteries sont multiples (SunFrost, Naps, Eletrolux, ...). Ils ont tous la possibilité de créer de la glace dans un compartiment particulier par l'intermédiaire de packs à glace.

Voici les caractéristiques techniques de l'un d'entre eux : le Naps CFS49IS

- Volume interne brut: 58 litres
- Volume net pour stockage des vaccins: 49 litres
- Stockage des packs de glace:
 - jusqu'à neuf (9) packs congelés de 0,6 l
 - jusqu'à quatre (4) packs de 0,6 l peuvent être congelés à tout moment
- Consommation @ 32°C
 - 26 Ah/jour (en fonctionnement régulier)
 - 45 Ah/jour (avec congélation de packs de glace)
- Consommation @ 43°C
 - 48 Ah/jour (en fonctionnement régulier)
 - 82 Ah/jour (avec congélation de packs de glace)
- 4 modules solaires de 50 Wc
- 2 batteries 100Ah/12V en parallèles avec régulateur intégré



Coût : environ 2000 €

V.1.2. Les modèles sans batteries : programme SolarChill

SolarChill est une conception issue de la collaboration entre le PNUE, et l'OMS et Greenpeace. La technologie SolarChill a été développée par le DTI (Institut technologique danois) et par Vestfrost, le fabricant de réfrigérateurs danois.

La caractéristique inédite de SolarChill tient au fait que l'énergie est emmagasinée dans la glace au lieu de batteries. Un compartiment de glace maintient l'armoire aux températures voulues pendant la nuit. **La clé de cette technologie est l'utilisation d'un compresseur à courant continu au lieu des compresseurs standards à courant alternatif** que l'on retrouve dans les réfrigérateurs habituels. C'est la toute première application d'un compresseur aux hydrocarbures à courant continu au monde.

Le compresseur d'hydrocarbures à courant continu a été mis au point par la société danoise Danfoss. L'Agence de l'énergie danoise a financé les travaux initiaux de développement, et Greenpeace International a financé le développement des prototypes SolarChill.

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

Caractéristiques techniques du réfrigérateur SolarChill :

- stockage de l'énergie dans des sachets de glace grâce à l'utilisation d'un compresseur à courant continu (pas de batterie à câble requise).
- 2 panneaux photovoltaïques de 60 W ;
- convertisseur c.a./c.c. ; polyvalent afin de pouvoir utiliser l'énergie éolienne, hydraulique, biogaz, ou l'électricité du réseau (ou une batterie automobile pendant les périodes exceptionnellement nuageuses).
- compresseur au frigorigène hydrocarboné R-600 et mousse d'isolation par soufflage au cyclopentane ; ne contribue ni à l'appauvrissement de la couche d'ozone ni au réchauffement de la planète.
- régulation de la température par convection naturelle entre le compartiment de stockage des sachets de glace et le compartiment à vaccins ; aucun dispositif de commande électronique requis.

Coût :

Le prix de commercialisation anticipé est entre 1000 et 1500 US\$ (y compris les panneaux solaires), soit de 50% meilleur marché que les réfrigérateurs solaires disponibles actuellement, et satisfaisant aux exigences de l'Organisation mondiale de la Santé.

On peut attendre du modèle SolarChill qu'il soit plus fiable que les autres modèles car il n'utilise pas de batteries, et n'a pas également de câbles de connexions.

État actuel du programme :

SolarChill est actuellement au stade de prototype. Dans les essais en laboratoire, ces appareils ont satisfait aux spécifications techniques requises pour la réfrigération des vaccins et la conservation des aliments.

La phase suivante du projet consistera en des essais sur le terrain du SolarChill dans plusieurs pays en développement, ainsi que dans des conditions de laboratoire. Le but des essais sur le terrain sera de tester sa fiabilité technique, dans les problèmes opérationnels sur le terrain, sa durabilité et son acceptation par les collectivités. Les tests sur le terrain commencent à la fin de l'année 2003.

On peut espérer que cette technologie permette aux réfrigérateurs solaires de pénétrer le marché des populations rurales, bien que son coût reste aujourd'hui encore trop élevé.

Pour plus d'informations, consulter le site www.epie.org.

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

V.1.3. Les modèles sans électricité

Le programme Suisse CEAS (Centre écologique Albert Schweitzer) déclare avoir trouvé une technique de réfrigération révolutionnaire qui n'utilise pas d'électricité.

La nouvelle «machine à faire du froid» utilise de l'eau en circuit fermé et un composant solide poreux. Pour le prototype qui fonctionnait jusqu'ici au méthanol inflammable c'est un net progrès. Ce «frigo solaire» est actuellement testé en Afrique.

Le premier prototype (au méthanol) installé en Afrique en 1999 fonctionne toujours à satisfaction. Des Africains avaient alors été formés sur place par le CEAS (Centre écologique Albert Schweitzer). Depuis, ils gèrent cette technologie de manière autonome: si panne il y a, ils font redémarrer la machine.

Quelques prototypes plus tard, les chercheurs obtiennent un résultat identique en exploitant le même phénomène physique - adsorption-désorption - mais avec d'autres composants: **de l'eau ordinaire et du silicagel granulé**. «Ce procédé n'est pas vraiment révolutionnaire», affirme l'équipe de l'EIVD, emmenée par le professeur Ph- Dind. «Nous avons simplement mis au point un principe connu depuis des années et sur lequel travaillent d'autres pays (Australie, Chine, Europe) ». Le prototype est actuellement testé à Ouagadougou.

Principe de fonctionnement :

le réfrigérateur solaire fonctionne grâce à du silicagel contenu dans le capteur solaire et de l'eau circulant dans toute la machine. Deux phases régissent le fonctionnement:

1. la première diurne, pendant laquelle le silicagel chauffé par captage de l'énergie solaire évacue l'eau de ses pores.
2. durant la seconde phase (nocturne), le froid est produit dans le frigo par évaporation de l'eau contenue dans l'évaporateur. Puis cette eau retourne vers le silicagel du capteur. Le lendemain, la machine est prête pour un nouveau cycle.

Un tel réfrigérateur peut facilement être fabriqué en Afrique, en important cependant les matériaux, car tous ne sont pas disponibles sur place. Pour l'instant, le silicagel. et les tubes d'acier de la partie capteur doivent être importés de Suisse.

Coût : il n'y a à ce jour aucun document qui renseigne sur le prix de vente envisagé pour ce prototype.

V.2. Les systèmes de purification d'eau

La purification de l'eau combat essentiellement trois types de polluant :

1. le polluant chimique (les déchets industriels ou agricoles, mercure, zinc, cadmium, etc...).
2. les sédiments ou déchets organiques (boues, etc...)
3. les bactéries

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

Pour chacune des pollutions, il faut envisager un traitement adapté. Certaines ne nécessitent pas d'apport d'énergie (comme les sédiments ou déchets organiques qui peuvent être éliminés par simple stagnation de l'eau ou passage dans du sable). D'autres en revanche (les bactéries), nécessitent un apport d'énergie pour les combattre.

V.2.1. Le système à lampe UV

En terme d'énergie, la lampe UV est très peu consommatrice (quelques Watts seulement), et s'adapte donc très bien aux applications photovoltaïques. Si on compare l'énergie requise pour porter de l'eau à ébullition à l'énergie requise par une lampe UV, cette dernière est 20000 fois plus efficace.

Les systèmes de purification d'eau utilisent trois méthodes distinctes pour :

1. Enlever les sédiments ou autres déchets organiques : en passant par un système de pré-filtrage (équivalent à un filtrage par sable),
2. combattre les éléments chimiques : filtrage carbone,
3. tuer les micro organismes : une lampe UV.

Un tel système a été développé entre autre par Aqua Sun System¹¹.

Caractéristiques techniques :



- alimentation : panneau photovoltaïque incorporé ou système 12V-DC
- système de filtration carbone filtrant jusqu'à 0.5 micron
- système ultraviolet efficace à 99%
- capacités allant de 5 l/mn jusqu'à 205 l/mn soit une production journalière de 450 l à 68 000 l/jr

En comptant 10 l d'eau potable/jour/habitant, le système peut satisfaire la consommation en eau potable d'un village de 7000 habitants.

La maintenance :

- il faut régulièrement nettoyer les filtres et nettoyer la (ou les) lampe

¹¹ Greg Hanson Aqua Sun International USA PO Box 2919 Minden Nevada 89423

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

- changer la (ou les) lampe toutes les 8000 heures de fonctionnement (ou tous les ans si le système est opérationnel 20 heures par jour)
- changer les filtres tous les deux ans.

Lawrence Berkeley National Laboratory¹² aux Etats Unis est également à l'origine d'un tel système, mais avec lampe UV uniquement.

Coût :

Selon un calcul de l'institut Berkeley National Laboratory, si on considère un village de 2000 habitants avec 10 l d'eau purifiée/jour/habitant, le système revient à 100 FCFA/pers chaque année.

Retour d'expérience :

Dans un des villages de Greenstar (cf. III.3.), un tel système est utilisé et offre entière satisfaction. S'il est utilisé 12h/jr, il peut produire jusqu'à 8 000 m³ d'eau potable par an.

C/C : Ces systèmes semblent peu onéreux et efficaces. Particulièrement adaptés aux milieux ruraux défavorisés.

V.2.2 Le système de purification par osmose inverse

C'est un système essentiellement utilisé pour la dessalination d'eau de mer. Il est moins complet que le précédent dans la mesure où il ne permet que d'oter les éléments chimiques de l'eau. Il ne permet pas d'enlever les bactéries.

Pourtant, c'est un procédé qui a été adopté dans plusieurs pays pour rendre de l'eau potable. En Jordanie par exemple, une recherche menée par le département Génie Civil des Sciences Appliquées de Amman a prouvé que l'eau extraite par procédé d'osmose inverse satisfait les conditions d'hygiène requises, et est même supérieure en qualité à l'eau du robinet distribuée en Jordanie.

Dimensionnement :

Pour un système capable de produire 80 l/mn, il est nécessaire de disposer environ de 12kW¹³. On peut envisager de procurer une telle énergie à partir de panneaux solaires.

Coût :

Pour un système de 50m³ par jour (village de 1500 habitants), compter 50 000€

Retour d'expérience :

▪ **Chypre**

En Chypre, une étude menée par l'Institut des Hautes Technologie a rendu le rapport suivant (2001) :

¹² Indoor Environment Program, Energy & Environment Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Bldg. 90, Room 3058, Berkeley, CA 94720 USA

¹³ se référer à l'Annexe 5 sur le dessalinisateur d'eau de mer

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

La sécheresse en Chypre est souvent un problème majeur. La solution gouvernementale aux problèmes d'eau fut jusqu'à présent la création de barrages, mais récemment le gouvernement s'est décidé à installer des plants de dessalination d'eau de mer par osmose inverse. Aujourd'hui, ces plants fonctionnent avec des machines diesel et le coût du fuel représente 25% du coût de l'eau extraite par ce procédé. Le gouvernement envisage d'actionner le processus avec du solaire partiellement.

Le rapport montre qu'un parc de panneaux photovoltaïques de 20kW peut produire un tiers de l'énergie requise d'un plant de dessalination fonctionnant 8 heures par jour. L'investissement dans une telle transformation du procédé sera remboursée au bout de 15 ans. Sachant que la durée de vie d'un module solaire est de l'ordre de 25 ans, un tel changement paraît justifiable.

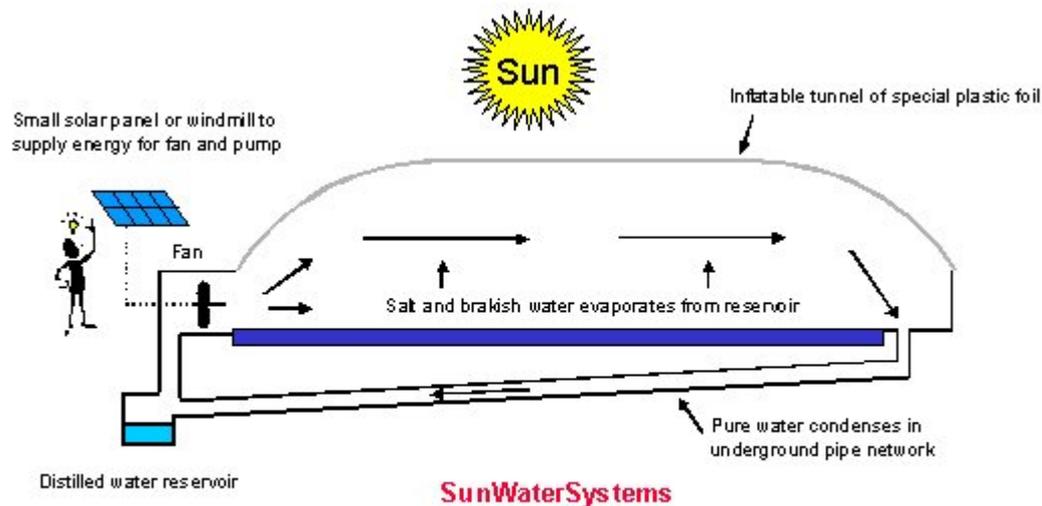
▪ Sénégal

Au Sénégal, l'entreprise EquipPlus a installé lors d'un programme Sénégal Allemand 10 systèmes de dessalination d'eau de mer dans les îles du Saloum totalisant 65kWc. Ces systèmes ne fonctionnent aujourd'hui plus faute de maintenance et du coût engendré par le remplacement des membranes.

C/C : ces systèmes restent encore très coûteux et ne sont à envisager comme solutions que lorsque les réserves en eau douce sont vraiment inaccessibles.

V.2.3 Le système de dessalination thermique

Il s'agit d'un procédé très simple mais original mettant en œuvre une circulation d'air dans une serre surplombant une nappe d'eau salée. Les parois de cette serre en plastique spécial récupèrent l'eau évaporée et la diffuse par un système de tuyaux dans un bac de récupération.



Ce système, encore à l'état de prototype, revient à 0.3 centimes d'€m³ d'eau distillée produite. Il peut produire, pour une surface d'étendant jusqu'à 1000m², 8 m³ d'eau. En considérant un besoin de 35l/jr/pers, avec 1000m² on satisfait les besoins d'une population d'environ 250 habitants.

VI. Les Plateformes Multifonctionnelles et les zones de micro-entreprises

Le gouvernement Malien et le PNUD ont recherché une solution, dans le cadre d'une approche sociale et économique intégrée, permettant d'alléger les travaux pénibles des femmes villageoises pour libérer du temps qui puisse être consacré à l'éducation, à l'entretien des enfants, à l'amélioration des conditions sanitaires ou à **la génération de revenus complémentaires**, notamment la transformation agroalimentaire. C'est sous cet aspect essentiel que le concept des plateformes multifonctionnelles rentre dans le cadre de la présente étude.

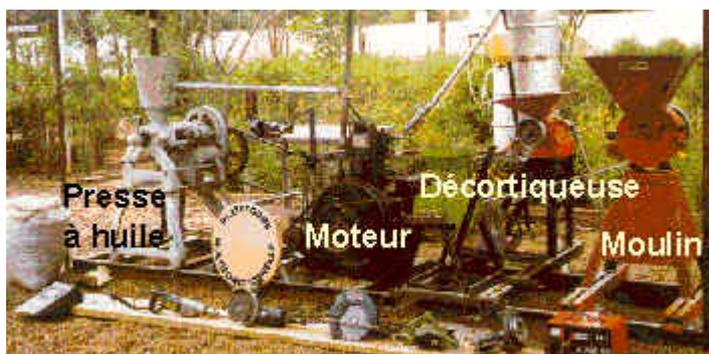
VI.1. Présentation de la plate-forme multifonctionnelle :

Le concept de la plate-forme multifonctionnelle permet aux villages, particulièrement aux femmes, de disposer d'une source d'énergie, de toucher les différents groupes constituant un village, et donne une impulsion importante aux différents domaines économiques et sociaux du monde rural (transformation alimentaire, irrigation, santé, artisanat...).

Le Gouvernement et le PNUD ont donc lancé **une phase pilote (juillet 96-décembre 98)**, destinée à développer et à valider le concept de plate-forme. Cette phase pilote a permis d'installer 45 plates-formes (décortiqueuse, soudure, moulin, charge de batterie, pompe...), dont 14 sont accompagnées d'infrastructures de distribution d'eau et/ou d'électricités et de créer un embryon de capacité locale privé autofinancée, soit 13 installateurs, capables d'assurer directement la prise en charge technique des plates-formes et des équipements rattachés.

La Plate-Forme Multifonctionnelle permet, par le biais d'un **moteur diesel** de 8 ou 10 chevaux, d'entraîner :

- un moulin à céréales,
- une décortiqueuse à céréales,
- une presse à huile ou à beurre de karité,
- un alternateur multicourant permettant d'actionner une pompe à eau,
- d'alimenter un réseau d'éclairage de 250 ampoules,
- de charger des batteries,
- de souder



Ses points essentiels sont les suivants :

- Elle libère les femmes de certaines corvées longues et pénibles (eau, pilage...), leur confèrent des revenus supplémentaires propres donc un statut plus indépendant et une *responsabilité sociale et économique accrue*. Cette promotion économique et sociale des femmes a des effets positifs sur la situation économique et sociale de l'ensemble des communautés.

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

- Sa multifonctionnalité permet de stimuler la création, le développement et/ou la modernisation d'autres activités artisanales dans les villages. Elle permet également de valoriser la production agricole (décorticage, scierie, pressage du Karité et du pourghère).
- La plate-forme est fabriquée, installée et entretenue par des artisans privés, à partir d'équipements disponibles localement.
- Elle est payée (à 60% soit 2 500 US\$), appartient et est gérée par des femmes, à travers un comité féminin de gestion.

Les activités génératrices de revenus qui sont bénéficièrent de la plate-forme ou qui sont nées avec la palte-forme sont :

1. les cultures de rente,
2. les transformations : filage coton, beurre de karité,
3. le commerce,
4. l'électro-mécanique: soudeurs, menuisiers, artisans.

VI.2. Le moteur Indien :

Le projet a choisi comme cœur de ses équipements le moteur indien model Lister lent : 850 tr/mn pour le 8 cv et 1000 tr/mn pour le 10 cv. Ce moteur était utilisé, au Mali, bien avant le démarrage du projet. Les seules modifications que le projet a eu à effectuer sur ce moteur ont porté sur le système de refroidissement, l'échappement, le réservoir de carburant et l'adaptation sur la plate-forme.

Les avantages du moteur Indien :

Le moteur indien de 10 cv est livré par les commerçants à 550 000 FCFA TTC. A titre de comparaison le moteur Hatz de 13 CV, que l'on trouve sensiblement dans les mêmes zones, coûte 1.759.500 FCFA TTC.

Autres avantages :

1. faible prix des pièces détachées trouvables facilement dans les centres les plus reculés.
2. un vilebrequin apparent de chaque côté : **possibilité de monter très facilement plusieurs poulies et entraîner plusieurs modules simultanément** permettant la multifonctionnalité.
Ceci ne peut être réalisé avec les autres types de moteurs, qu'après d'intenses et coûteuses modifications.
3. accepte du gasoil de qualité médiocre (généralement vendu et utilisé dans les villages), sans pour autant que la pompe et l'injecteur soient endommagés.
4. peut utiliser l'huile de « pourghère » sans aucune perte de puissance à l'inverse des moteur de « nouvelle génération » qui doivent être démarrés et arrêtés avec du gasoil.

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

5. faible consommation : 1.5 l/h en pleine charge contre pratiquement le double pour les moteurs de « nouvelle génération ».

Les inconvénients du moteur indien :

1. La puissance du moteur est relativement. Le projet a en perspectives d'expérimenter et de vulgariser **le couplage de 2 moteur par courroie** : choix entre
 - « 8 CV, 1 moteur » pour une utilisation normale, et
 - environ « 15 CV, 2 moteurs couplés » pour l'utilisation de l'éclairage villageois et autres.
2. Le poids : 450 kg contre moins de 100 kg pour les moteurs « nouvelle générations ».
3. Il est relativement encombrant du fait de son système de refroidissement.
4. Les entretiens : avec ce moteur la vidange s'effectue toutes les 100 heures et la lubrification des culbuteurs avant chaque démarrage. Quant aux moteurs « nouvelle génération », de type Hatz, la vidange a lieu toutes les 150 heures.

VI.3. Les artisans de la plateforme :

Pour assurer la durabilité du fonctionnement de la plate-forme, le projet forme **une capacité privée autofinancée de fabrication, d'installation et d'entretien de la plate-forme et des réseaux de distribution de l'eau et de l'électricité liée à celle-ci.**

Pour cela il apporte son appui à des artisans afin de leur permettre de répondre à la demande suscitée par la vulgarisation de la plate-forme. Ces artisans sont partagés en 2 groupes, les artisans de fabrication, et les artisans d'installation de maintenance et réparation.

Les artisans de fabrication:

Ce sont 4 groupements d'artisans et 6 artisans soudeurs qui ont reçu une formation pour la fabrication des châssis des plates-formes, des support de maisonnette, des systèmes de refroidissements des moteurs indiens et des rails pour la fixation des modules (moteur, moulin, décortiqueuse, alternateur...).

Pour leur permettre également de multiplier leurs activités, ils ont été formés à l'assemblage de groupe motopompe, de générateur et de château d'eau pour la 5^{ème} Région (Sévaré) et associés en un GIE ACMGS (Groupement d'Intérêt Economique Association de Construction Mécanique Générale de Sévaré). Dans la 3^{ème} Région ils ont été spécialisés dans la fabrication de décortiqueuse abrasive, et pour la région de Bougouni dans la fabrication de décortiqueuse Engelberg et de moulin dans la région de Bougouni.

En dehors du projet, ACMGS a remporté un marché de fourniture de 32 groupes motopompe de 125m³/h face aux établissements Dupé pour le compte du projet Union Européenne VRES (Valorisation des Ressources en Eau de Surface).

L'équipement de ces artisans se compose d'une disqueuse-ébarbeuse, d'une perceuse et d'outillage à main. La valeur de ces équipements s'élève à 360 000 CFA que le projet leur a cédé à crédit. Le remboursement s'effectue sous forme de prestations.

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

Les artisans d'installation, de maintenance, et de réparation :

Ces artisans sont des mécaniciens et des électriciens. Leur rôle est de faire les installations et les réparations de plates-formes (moteur, moulin, décortiqueuse, alternateur...), de réseau électrique, d'adduction d'eau (eau potable ou maraîchage) dans les villages. Les artisans mécaniciens sont aussi chargés de la maintenance normale et préventive des installations. Les artisans sont formés par le projet, équipés en outillages, en pièces détachées et motorisés. Les tournées de maintenance préventive se décomposent d'opérations différentes, à intervalle de 100 heures celle de 100, 500, 1000, 1500, 2000 et 2500 heures.

La totalité de l'investissement par artisan comprenant l'outillage, la motocyclette et la caisse de pièces détachées s'élèvent à 2 050 000 CFA. .

VI.4. Approche financière de la plate-forme

L'installation du module de base

L'installation du module de base se fait suite à une demande volontaire d'un village. Une étude de faisabilité participative est alors menée par le projet. Si elle s'avère positive, le projet travaille alors en priorité avec les femmes afin de les aider à remplir les conditions préalables à l'installation de l'équipement : alphabétisation, constitution du Comité Féminin de Gestion (CFG), modalités et montant de la contribution financière, formation préalable des gestionnaires et des meunières, sélection des fournisseurs et installateurs.

Le projet finance les coûts des équipements et de l'installation du module sans réseau d'eau ou d'éclairage choisi par le village (ex : moteur, moulin, décortiqueuse, alternateur, chargeur de batterie, maison) à hauteur de 2,000 USD, les bénéficiaires finançant alors environ 50% du prix de ce module soit près de 2,000 USD. L'amortissement et les frais variables (entretiens, fonctionnement et rémunérations des opératrices) sont entièrement à la charge du Comité Féminin de Gestion.

L'installation du réseau d'eau et/ou d'éclairage électrique

Le projet offre aussi la possibilité aux villages d'installer avec la plate-forme un réseau de distribution d'eau potable, répondant ainsi à un besoin considéré comme prioritaire par les femmes et les hommes, avant même la mouture. L'intervention financière du projet est là aussi conditionnée par la nécessité pour les femmes de gérer la distribution de l'eau. Cela permet de renforcer le contrôle des femmes sur les équipements qu'elles gèrent et facilite également l'amortissement de la pompe et des robinets. **Le projet finance alors les coûts de ces infrastructures à hauteur de 10,000 dollars** et seuls les consommables, soit environ 1,000 à 2,000 dollars, sont à la charge des villageois (bornes fontaines, robinets).

Dans un deuxième temps, il les villages peuvent s'équiper d'un réseau de distribution d'éclairage électrique. Les conditions de financement sont identiques à celles du réseau d'eau. Le projet encourage les villages à s'engager dans la voie de la distribution payante d'éclairage électrique ou d'eau qui contribue à assurer la bonne santé financière de la plate-forme et à amortir la pompe et les consommables. Différentes modalités de paiement sont possibles : au seau, subvention par l'Association Villageoise...

La mobilisation de financement auprès des organismes de financement locaux

La plate-forme n'est jamais un don même quand elle est financée par un bailleur de fonds. Il s'agit alors d'une dotation aux investissements que les femmes sont tenues d'amortir par des versements sur un compte dont elles ont la libre disponibilité pour s'équiper d'infrastructures communautaires supplémentaires et remplacer les pièces d'usures. Pour garantir la pérennité des activités et renforcer l'autonomie financière des femmes, il est nécessaire de susciter une capacité locale de prise en charge des plates-formes non seulement technique mais aussi financière et commerciale.

VI.5. Les retombées socio-économiques de la plate-forme

VI.5.1 Les impacts principaux des plateformes :

La plate-forme a des retombées positives multiples sur la population des villages :

- **Une augmentation de la capacité physique de se régénérer et une meilleure santé** (la durée du sommeil est allongée en moyenne de 2,5 heures car, l'eau étant disponible au village, les femmes n'ont plus à se lever à 3h30 du matin pour effectuer la corvée d'eau).
- **Une augmentation de la capacité de produire** sur la parcelle des femmes et celles de leurs maris.
- **Une augmentation de la capacité à diversifier les sources de revenus** (petit commerce, décorticage du riz, traitement du karité, maraîchage, soudure, charge de batteries ...)
- **Une amélioration des conditions sanitaires** à travers notamment la distribution d'eau potable et l'éclairage des centres de santé.
- **Une amélioration du taux de fréquentation des écoles** : les jeunes filles étant libérées des tâches domestiques, elles ont plus de temps pour aller à l'école.
- **L'alphabétisation et la formation** pour les femmes qui gèrent la plate-forme

Impacts sur les acteurs extérieurs au village :

- **Formation des artisans de maintenance et de fabrication** (qui peuvent à leur tour former d'autres personnes)
- **Appropriation par le secteur privé** qui effectue la totalité des opérations liées à l'installation et la maintenance des plates-formes : 19 plates-formes ont été installées par le secteur privé sans aucune intervention du projet,

VI.5.1 Exemple de rapport d'activité d'une plate-forme

Coûts des services offerts par la plate-forme :

Unités de mesure : un grand pot de tomate équivalent à: 1kg 800 de karité et à 1kg 600 de céréales

Broyage du karité : 40 FCFA/pot

Mouture céréales : 25 FCFA/pot

Décorticage riz : 35 FCFA/pot

Vente énergie : 1 500 FCFA/heure

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

Dépenses (FCFA) (Kondogol, Octobre 2000)

Gasoil	40,750
divers	20,150
pièces de rechanges	16,000
salaires	47,915
Total	124,815

Note : le coût de revient de la plate-forme est d'environ 323 CFA par heure de fonctionnement

Recettes (FCFA) (Kondogol, Octobre 2000)

mouture	34,670
décorticage	127,650
charge de batterie	1,500
soudure	3,000
Total	166,820

Bénéfice net 42 000 FCFA/mois

Les recettes générées par les plates-formes sont placées en dépôt à terme avec un taux d'intérêt de 3%. Ils servent de fonds de prêts pour assurer des micros-crédits pour permettre à certains habitants de démarrer des activités. Dans ces villages où souvent le taux de migration vers la ville est important. Les Comités Féminins de Gestion prennent cependant la précaution de garder à leur niveau les fonds nécessaires pour faire face aux dépenses courantes liées au fonctionnement de la plate-forme.

La rentabilité d'une plate-forme est bien sûr liée aux prix d'achat du pétrole, et reste tributaire du marché pour les prix de vente appliqués aux produits transformés (les femmes qui utilisent la plate-forme pourraient-elles accepter de payer le même prix pour les services offerts par la plate forme si le prix d'achat du beurre de karité chutait?)

VI.7. : Que faut-il retenir des plates-formes multi-fonctionnelles ?

La plate-forme multifonctionnelle est un exemple réussi d'introduction de l'énergie dans une communauté rurale à des fins productives. La pluralité des secteurs qui jouissent d'un impact positif suite à cette introduction montre que **l'énergie est un facteur clef du développement économique et social des communautés rurales.**

Les clés de la réussite de tels projets sont les suivantes :

- 1. Flexibilité, participation et décentralisation** pour s'adapter aux situations particulières de chaque village et à la multiplicité des effets induits. Ainsi, la participation volontaire, active et financière des villages est à la base de la démarche pour assurer une appropriation effective de la plate-forme par les villageois et sa gestion satisfaisante et autonome en tant que propriétaires responsables.

2. Modes d'intervention

Pour assurer l'insertion effective des femmes dans le développement économique et social, la plate-forme est la propriété d'un groupe organisé de femmes du village et est gérée selon des règles enseignées par le projet. L'installation d'un réseau d'eau et/ou d'électricité est une motivation supplémentaire d'appropriation de la plate-forme.

3. Valorisation des ressources et compétences nationales

La prise en charge par le secteur privé (commerçants, artisans) de toutes les opérations techniques (achat, installation, réparation, entretien) que la plate-forme nécessite.

Le projet informe les villages sur les possibilités locales privés de financement et d'aide à la gestion afin de leur permettre de réunir les fonds nécessaires à l'achat de la plate-forme. Il apporte une garantie morale de nature à faciliter l'obtention de prêts.

La réussite d'un tel projet émane donc essentiellement de l'intégration complète, depuis l'évaluation, à l'appui au financement, la formation, l'aide à la gestion et à l'appropriation dans le projet.

Permettre aux projets de plate-formes d'être entièrement gérés par les villages qui souhaitent y accéder, tel est le but essentiel de la démarche des fondateurs du projet.

VI.2. Programmes de zones de micro-entreprises :

A l'image des plates formes multifonctionnelles, certains projets d'électrification sont aujourd'hui financés spécialement pour des zones de micro-entreprises : l'électricité emmenée est offerte en priorité à des entrepreneurs ou des micro - entreprises qui veulent en bénéficier pour monter leur commerce ou leurs petites entreprises. Cette électricité concentrée en un même lieu est similaire aux outils de production des plate formes multifonctionnelles.

VI.2.1. Grameen Shakti Microenterprise Zones

Le projet Grameen Shakti au Bangladesh a permis à des micro-entrepreneurs d'acheter le courant produit par des systèmes hybrides éolienne/diesel installés à proximités de bâtiments désaffectés destinés à accueillir des entreprises productives qui loueraient le service électrique.

Dans les sites choisis, Grameen Shakti a fait des analyses sur les types d'entreprises de productions ou de services qui pourraient être intéressés par l'achat de l'électricité.

Les besoins énergétiques mensuels de petites sociétés de services ont été analysés. Ces sociétés étaient proposés par les membres intéressés qui savaient reconnaître quelles seraient, dans leur région, les activités les plus lucratives :

Type de magasin	KWh/mois en moyenne
Réparation appareils	35

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

électriques	
Poissonnier	100
menuisier	150
coiffeur	120
cinéma	20
café	80
laverie	180
petit magasin type supérette	80

Selon 4 niveaux de productions possibles du site (200, 400, 600 et 800 kWh/mois), les analyses financières ont permis de dégager, en fonction du coût du pétrole, les données de vent et les données d'ensoleillement, quel type de système était le mieux adapté. Ci dessous les données qui concernaient les installations solaires :

Besoins (kWh/mois)	Système hybride adapté
200	740Wc, générateur diesel : 2.kW, batteries : 17kWh.
400	1200Wc, générateur diesel : 5kW, batteries : 33kWh.
600	générateur diesel : 7500kW, batteries : 17kWh
800	740Wc, générateur diesel : 2.3kW, batteries : 17kWh.

Dans les conditions particulières de ces sites, au-delà de 600kWh/mois, le système hybride solaire/machine diesel n'est plus intéressant financièrement.

Le choix des services et micro-entreprises qui pouvaient bénéficier du projet s'est ensuite porté sur la meilleure équation entre entreprises lucratives et dimensionnement. Dans ce projet manquait essentiellement l'intégration de financement pour la formation d'artisans, car les possibilités offertes par les entrepreneurs locaux différaient beaucoup d'une région sur l'autre.

VI.2.1. Projet Shell aux Philippines :

Aux Philippines, Shell énergies renouvelables et la société CPC (Community Power Coporation)¹⁴ en partenariat avec le gouvernement de la province de Aklan, a initié une collaboration publique - privé en 1999. Leur initiative porte sur le développement de 10 sociétés de services d'électrification rurale (RESCOs). Leurs efforts se sont concentrés dans la génération de capitaux financiers et de produits manufacturés. La première station installée, hybride diesel/solaire, fut réservée à 100 résidents du village de Alaminos. Une autre installation, fonctionnant avec la biomasse locale : la noix de coco, a permis de fabriquer des textiles de stabilisations des sols, des engrais à partir de noix de coco, et du savon.

Une telle plate-forme est décrite dans le document intitulé [Coir Fiber Processing Facility](#) (conférer Annexe 5).

¹⁴ informations collectées de Weingart and Lee (2000). <http://www.gocpc.com/>

VI.2.2. African Rural Energy Enterprise Development (AREED)¹⁵

L'AREED est une initiative du Programme Environnemental des Nations Unies et de l'UNF (United Nations Foundation). Depuis 2000, l'AREED développe des entreprises d'électricité qui utilisent des sources d'énergie renouvelables pour répondre aux besoins en énergie des communautés rurales au Ghana, au Mali, en Tanzanie, en Zambie. Le programme se concentre sur le développement de financements, sur la formation des techniciens, afin de nourrir la création de telles entreprises. AREED octroie des prêts de 15000 à 12000 US\$ et assure un suivi et une aide à l'entreprise dans son financement, sa gestion. AREED aide ces entreprises à obtenir des partenariats avec les banques et les ONG locales impliquées dans le développement énergétique.

Beaucoup des compagnies créées ont l'intention d'utiliser les énergies renouvelables à des fins productives. Par exemple au Ghana, un entrepreneur souhaite monter une éolienne pour une entreprise locale de menuiserie. Au Mali, l'énergie solaire est utilisée pour sécher les fruits et une compagnie au Sénégal a été créée pour assurer la maintenance d'éoliennes de pompage.

L'objectif de l'AREED est d'aider ces nouvelles entreprises à devenir auto-suffisantes et capable d'attirer les investisseurs extérieurs.

Toutes les organisations d'aide aux micro-entreprises ne seront pas capables d'implémenter leur propre zones de micro-entreprises. En travaillant avec une entreprise de service électrique, ou une coopérative électrique, les institutions de micro financements peuvent influencer le processus d'électrification de leur communautés et assister les entrepreneurs. C'est en se concentrant sur un programme d'activités électriques génératrices de revenus que les entreprises de micro financements pourront introduire le développement rural à travers l'électrification.

D'autres organisations offrant des services non financiers tels que la formation, l'aide au développement de marché, pourront également mener plus loin toute entreprise de développement rural par le biais de l'électricité.

¹⁵ <http://www.areed.org/> et UNEP (2003)

Annexe 2 : quelques prix de produits solaires

Source : *ENERGIES NOUVELLES ENTREPRISES*
Mas d'Eole - 30730 St MAMERT - FRANCE
Tel: 33 4 66 81 12 36 - Fax 33 4 66 63 21 31

Liste des articles, prix en Euro (1 Euro = 656 FCFA)

Code Article	Désignation	Prix HT	Prix TTC
FC0002	Ventilateur 12V 12W solaire (Sans module)	29,95	35,83
FC0010	Ventilateur 24V 4.1 Watts	61,33	73,35
FC0100	Ventilateur 80W 220V Ø=150	107,84	128,97
FC0101	Convertisseur booster 12V 100W réglable pour FC0100	117,23	140,21
FC0102	Convertisseur booster 24V 100W réglable pour FC0100	117,23	140,21
FC010500	Forfait montage convertisseur 500W 7In sur réfrigérateur ou congélateur	228,67	273,49
FC010524	Convertisseur 7In 500W + protect. pour réfrig. et congél. 24V	653,55	781,65
FC010548	Convertisseur 7In 500W + protect. pour réfrig. et congél. 48V	653,55	781,65
FC010548 A	Convertisseur 7In 500W + protect. pour réfrig. et congél. 48V, Précablé.	721,63	863,07
FCV010	Centrale électron. sol. direct/batt pour FCV030/40	1469,74	1757,80
FCV011	Centrale électronique solaire direct pour FCV030/40	841,47	1006,39
FCV030	Conditionneur d'air CV30 24V solaire direct	1858,54	2222,81
FCV0300	Kit complet Conditionneur d'air CV30 solaire direct 6 mod	5673,33	6785,30
FF100-12	Réfrigérateur solaire 12 V 103 l	1346,38	1610,27

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

FF100-24	Réfrigérateur solaire 24 V 103 l	1346,38	1610,27
FG1544R	Réfrigérateur 147l classe A, Sans panneau. solaire, 220v, 0.64Kwh/j*	498,05	595,67
FG1630R	Réfrigérateur 141l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.41Kwh/j sans freezer*	431,64	516,25
FG1740R	Réfrigérateur 160l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.42Kwh/j, sans freezer.*	464,85	555,96
FG1744R	Réfrigérateur 160l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.65Kwh/j.*	526,83	630,09
FG1840R	Réfrigérateur 184l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.59Kwh/j, sans freezer.*	498,05	595,67
FG2001	Réfrigérateur Gaz 140 litres	1025,97	1227,06
FG2180CC	Congélateur Coffre. 171l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.45Kwh/j*	458,21	548,02
FG2210CC	Congélateur Coffre. 212l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.49Kwh/j*	473,70	566,55
FG2260CC	Congélateur Coffre. 253l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.53Kwh/j*	539,00	644,65
FG2263CA	Congélateur Armoire 217l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.70Kwh/j*	672,92	804,81
FG2302	Réfrigérateur Gaz 200 litres. (170l Réfr + 30 litres Congélateur)	1237,43	1479,97
FG2310CC	Congélateur Coffre 302l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.61Kwh/j*	607,62	726,72
FG2370CC	Congélateur Coffre 363l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.72Kwh/j*	679,56	812,76
FG2444R	Réfrigérateur 231l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.67Kwh/j*	695,06	831,29

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

FG2480CC	Congélateur Coffre 461l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.87Kwh/j*	827,87	990,13
FG2542RC	Réf/Cong. 191+49l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.79Kwh/j*	593,23	709,51
FG2842RC	Réf/Cong. 219+54l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.84Kwh/j*	593,23	709,51
FG3112	Réf/Cong. 229+72l classe A, Sp. solaire, 220v, 0.89Kwh/j*	630,86	754,51
FG4512RC	Réf/Cong. 442/104l classe A, Sp. solaire, 220v, 1.08Kwh/j*	896,49	1072,20
FG5000	Les appareils marqués * doivent être équipés de l'option FC10524 pour 24V		

Annexe 3 : quelques outils alimentés sur batteries qui peuvent être rechargé au moyen d'un panneau solaire

 <p>Battery Cradle and Rechargeable Batteries</p>	 <p>Rechargeable Battery</p>
 <p>Air Compressor</p>	 <p>Circular Saw</p>
 <p>Wizard Tool (Like Dremel Tool)</p>	 <p>Keyless Chuck Drill</p>

Les applications Photovoltaïques génératrices de revenus

 <p>Heavy Duty Drill With Key Chuck</p>	 <p>MultiSaw (Like SawsAll or can be used as a Jigsaw)</p>
 <p>Small RoomVac</p>	 <p>Cordless Screwdriver</p>
 <p>Scrubber</p>	 <p>Shears</p>

Annexe 4

Exemple Dessalinisateur d'eau de mer



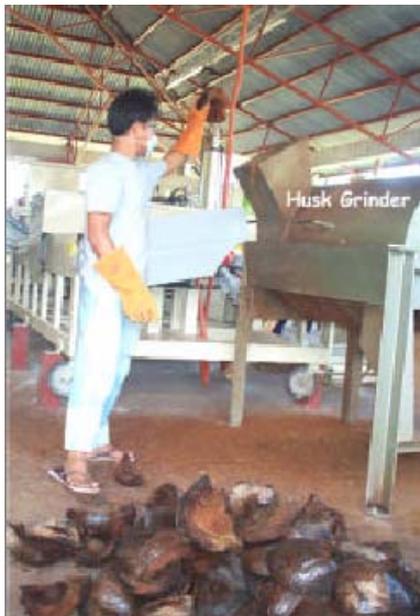
Modèle:	C25THR	C37 5THR	C50THR
Production m3/jour:	25	37.5	50
Qualité de l'eau parts par millions:	<300	<300	<300
Consommation, kW:	11.7	11.7	11.7
Entrée eau litre par minute:	81	81	81
Entrée eau pression maximale TDS:	48,000	47,000	45,000
Pression maximale (passage membrane):	1,000 PSI	1,000 PSI	1,000 PSI
Entrée eau température minimale	1°C/33.F	1°C/33.F	1°C/33.F
Entrée eau température maximale	43°C/109.F	43°C/109.F	43°C/109.F
Poids:	440#/200 Kg.	490#/223 Kg.	540#/246 Kg
Dimension mètres:	166 x 134 x 148 cm	166 x 134 x 148 cm	166 x 134 x 148 cm
Dimension de la pompe:	11" Dia.x 19"	11" Dia.x19".	11" Dia.x19"
Prix US\$:	39.852	41.653	51.848
Prix €	34.500	36.000	45.000

Annexe 5

Productions de Fibres de Noix de Coco à partir d'une machine biomasse alimentée par les coques des noix elles-mêmes (Philippines)



Production d'électricité (à gauche) alimentée par un gazer.



Confection de fibres à partir des cosques de noix de coco



Les coques des noix de coco sont broyées pour alimenter le gazer



Les cosques sont près-travaillées pour enlever les petites fibres

