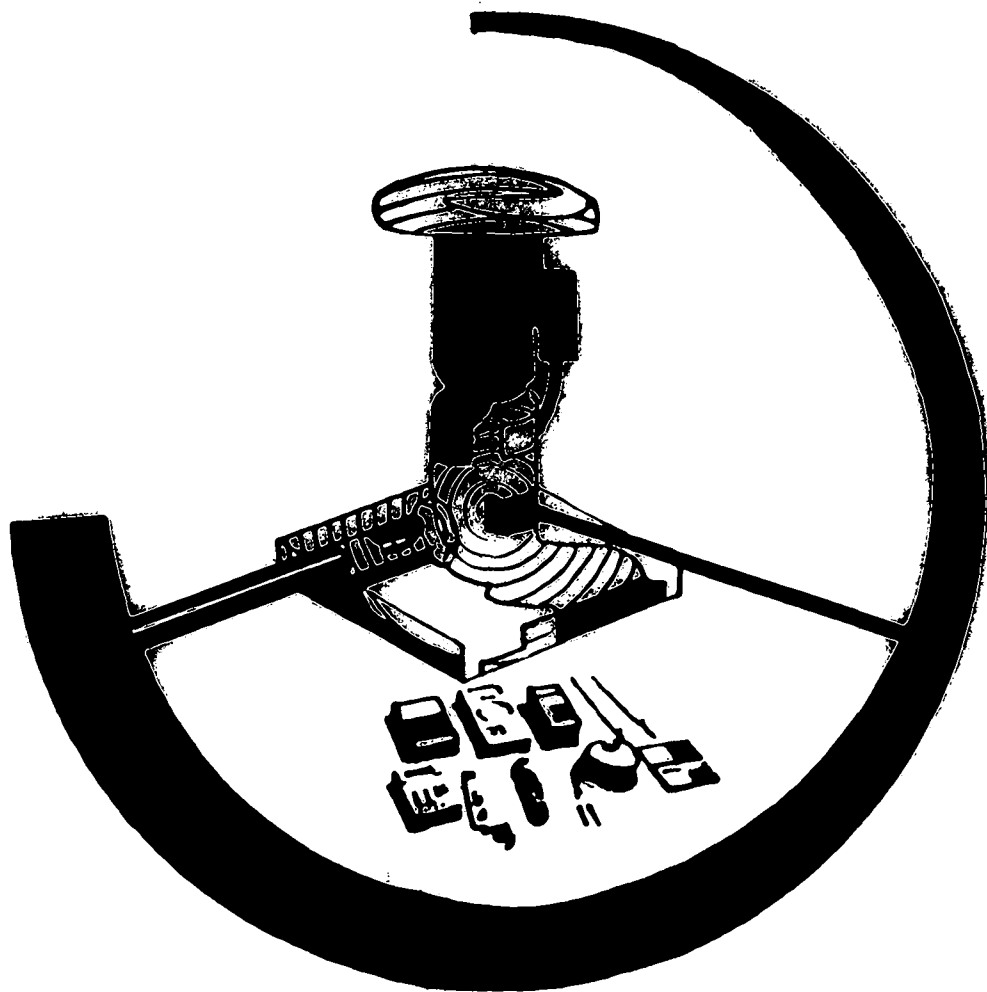


RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DES RELATIONS EXTÉRIEURES
- COOPÉRATION ET DÉVELOPPEMENT -

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE

Dossier TECHNOLOGIES ET DÉVELOPPEMENT



ÉNERGIES RENOUVELABLES AU SAHEL Évaluation des projets

SEMA — ÉNERGIE

232.4-REN-6913

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DES RELATIONS EXTÉRIEURES
- COOPÉRATION ET DÉVELOPPEMENT -

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE

Dossier TECHNOLOGIES ET DÉVELOPPEMENT

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE
CENTRE FOR DOCUMENTATION SUPPLY
AND ACQUISITION
15, AVENUE DU PORT ROYAL, 75014 PARIS
FRANCE

6903
232.4 82 EN

ÉNERGIES RENOUVELABLES AU SAHEL

Évaluation des projets

- ÉVALUATION SUR LE TERRAIN
- BILAN ET RECOMMANDATIONS

ISSN 0248-3394
ISBN 2-11-084 500-7

Tous droits d'adaptation, de traduction et de reproduction par tous procédés y compris la photographie et le microfilm, réservés pour tous pays.

© Ministère des Relations Extérieures - Coopération et Développement - 1982

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
- INTRODUCTION	3
- PRINCIPALES CONCLUSIONS	5
<u>1ère PARTIE : EVALUATION SUR LE TERRAIN :</u>	7
A. POMPES SOLAIRES THERMODYNAMIQUES PRESENTATION ET EVALUATION DE QUELQUES REALISATIONS	9
. Diré (Mali)	13
. Merina Dakhar (Sénégal)	21
. Bondie Samb (Sénégal)	29
B. POMPAGE PHOTOVOLTAIQUE PRESENTATION ET EVALUATION D'UNE REALISATION AU CAMEROUN	31
. Guétalé (Nord Cameroun)	39
C. CENTRALE ELECTRIQUE PHOTOVOLTAIQUE	55
. Hôpital de San (Mali)	57
D. EOLIENNES - PRESENTATION ET EVALUATION DE PLUSIEURS REALISATIONS	65
. E.I.E.R. de Ouagadougou (Haute-Volta)	67
. E.I.E.R. de Dori (Haute-Volta)	69
. I.U.T./SINAES de Dakar (Sénégal)	73
E. FERMENTATION METHANIQUE - BIOGAS	77
. Le programme du C.I.E.H. (Haute-Volta)	81
. Hôpital de Kongoussi (Haute-Volta)	89
<u>2ème PARTIE : BILAN ET RECOMMANDATIONS :</u>	95
<u>CHAPITRE 1</u> : IMPACT DES PROJETS ENERGIES RENOUVELABLES SUR LE DEVELOPPEMENT : SATISFACTION DES UTILISATEURS.....	97
<u>CHAPITRE 2</u> : EVALUATION TECHNIQUE DES INSTALLATIONS SOLAIRES	103
I. Pompes photovoltaïques	105
II. Pompes thermodynamiques < 1 KW	109
III. Pompes thermodynamiques de grande puissance (≥ 10 KW)	112
IV. Centrale électrique photovoltaïque	114
V. Autres équipements photovoltaïques	115

<u>CHAPITRE 2</u> : (suite)	
VI. Chauffe-eau solaires	116
VII. Biogaz	116
VIII. Eoliennes multiples	117
<u>CHAPITRE 3</u> : COMPARAISON ECONOMIQUE ENTRE LES SOLUTIONS ENERGIES RENOUVELABLES ET LES SOLUTIONS CLASSIQUES :	121
I. Difficultés associées aux comparaisons économiques	123
II. Coût des investissements et charges récurrentes ...	125
III. Coûts pour la collectivité résultant d'une fiabilité insuffisante des solutions classiques	126
IV. Exemple de comparaison des coûts en hydraulique villageoise groupe électrogène + pompe immergée/ pompe photovoltaïque	127
<u>CHAPITRE 4</u> : LE CADRE DE REALISATION DES PROGRAMMES SOLAIRES : COOPERATION BILATERALE ET STRUCTURES NATIONALES D'APPUI :	133
I. Constatations	135
II. Recommandations	139
<u>CHAPITRE 5</u> : IDENTIFICATION DES PROJETS - LES ETAPES INDISPENSABLES POUR LA REALISATION D'UN PROJET SOLAIRE :	143
I. Introduction	145
II. Choix de la structure d'accueil	147
III. Choix du village accueillant le projet - Participation locale	149
IV. Evaluation des besoins des utilisateurs	150
V. Choix du site précis - Dimensionnement de la pompe	151
VI. Réalisation de l'étude d'identification : qui doit la faire ? Prise en charge de son coût	153
<u>CHAPITRE 6</u> : PREPARATION DES CONTRATS :	157
I. Constatations	159
II. Recommandations	161
<u>CHAPITRE 7</u> : RECEPTION DES PROJETS :	163
I. Constatations	165
II. Recommandations	165
<u>CHAPITRE 8</u> : SUIVI TECHNIQUE, MAINTENANCE, RETOUR DE L'INFORMATION :	169
I. Constatations	171
II. Recommandations	171

	<u>Pages</u>
<u>CHAPITRE 9</u> : RESUME DES PRINCIPAUX FACTEURS DE REUSSITE D'UN PROJET SOLAIRE	175
<u>CHAPITRE 10</u> : IDENTIFICATION DES APPLICATIONS LES PLUS PROMETTEUSES ET LES PLUS UTILES - RECHERCHE D'AXES POUR UN DEVELOPPEMENT ACCELERE DES ENERGIES RENOUVELABLES	179
I. Contribution des énergies renouvelables aux différents secteurs de l'économie	181
II. Sélection de quelques applications parmi les plus prometteuses et les plus utiles	182
III. Comment promouvoir rapidement les énergies renouvelables à une échelle significative ?	185
 <u>A N N E X E S</u> :	
- ANNEXE I : Exemples de documents de projets	189
- ANNEXE 2 : Inventaire des réalisations existants en Afrique de l'Ouest	202
- ANNEXE 3 : Maturité des technologies	206

R E M E R C I E M E N T S

Ce travail d'évaluation sur le terrain a été rendu possible grâce à l'aide précieuse que nous ont apportée les responsables du COMES et du Ministère de la Coopération à Paris, les responsables des Missions de Coopération en Afrique, les responsables des Administrations des pays visités, les organismes de recherche dans le domaine du solaire (ONERSOL, CERST, EIER, CIEH, etc), les responsables d'organisations non gouvernementales, les responsables d'autres organismes de coopération bilatérale, les industriels, etc.

C'est grâce à leur appui que nous avons pu recueillir toute cette information et analyser avec eux la signification des résultats obtenus.

SEMA remercie aussi tout particulièrement les ingénieurs sénégalais, voltaïques, maliens, nigériens qui ont participé avec nous aux mesures et aux interviews sur le terrain et nous ont beaucoup aidé à avoir une bonne compréhension des contextes locaux.

I N T R O D U C T I O N

Dans le cadre de l'étude Evaluation des Projets Energies Renouvelables confiée par le Commissariat à l'Energie Solaire et le Ministère de la Coopération, cinq rapports intermédiaires ont été remis.

La première partie de ce document représente un extrait du rapport de synthèse, il s'appuie sur les missions suivantes :

- Haute-Volta (12 au 24 mai et 2 au 6 mars 1981),
- Sénégal (28 septembre/11 octobre 1980),
- Mali (16 au 25 octobre 1980 et 14 au 23 juin 1980),
- Niger (27 au 30 octobre 1980),
- Cameroun (24 au 31 janvier 1981).

Le contenu de ces missions a été défini en étroite collaboration avec les responsables du COMES et du Ministère de la Coopération.

Cette première partie constitue donc une série d'évaluations détaillées classées essentiellement par technique; nous en avons sélectionné quelques-unes représentatives de la diversité des situations rencontrées.

Une réflexion approfondie sur les enseignements retirés de ces évaluations est présentée dans le cadre de la seconde partie qui propose une réflexion synthétique basée sur l'expérience acquise sur le terrain et un ensemble de recommandations pour étendre cette première expérience, largement positive, en lui fixant des objectifs nettement plus ambitieux associés à une plus grande rigueur dans la mise en oeuvre.

Cette étude était complétée par un chapitre de recommandations stratégiques à l'intention des responsables français, chapitre qui a fait l'objet d'une diffusion restreinte.

PRINCIPALES CONCLUSIONS

On trouvera au chapitre 10 quelques recommandations concrètes pour la poursuite de l'extension des actions de coopération dans ce domaine; les résultats accumulés sur le terrain sont en effet très encourageants et justifient un accroissement très important des moyens à mettre en oeuvre, en particulier en matière de formation et de financement.

L'étude montre la nécessité d'envisager systématiquement des "volets solaires" dans les programmes sectoriels d'aide (développement rural, santé, télécommunications, tourisme, etc...), afin de sortir du cadre limité des actions de démonstration et de promouvoir intensément les produits solaires ayant déjà confirmé leur maturité; il y a ainsi la possibilité d'ouvrir de véritables marchés solaires, tout en augmentant les chances de succès des projets sectoriels de coopération (diminution des charges récurrentes associées aux projets, autonomie accrue, etc...).

1ÈRE PARTIE

EVALUATION SUR LE TERRAIN

A. POMPES SOLAIRES THERMODYNAMIQUES
PRÉSENTATION ET ÉVALUATION
DE QUELQUES RÉALISATIONS

POMPES SOLAIRES THERMODYNAMIQUES

Avant-propos

Les pompes solaires thermodynamiques SOFRETES ont été les premières à être installées sur le terrain ; elles ont contribué, de manière essentielle, à la sensibilisation de l'opinion internationale sur la contribution possible de l'énergie solaire au développement rural.

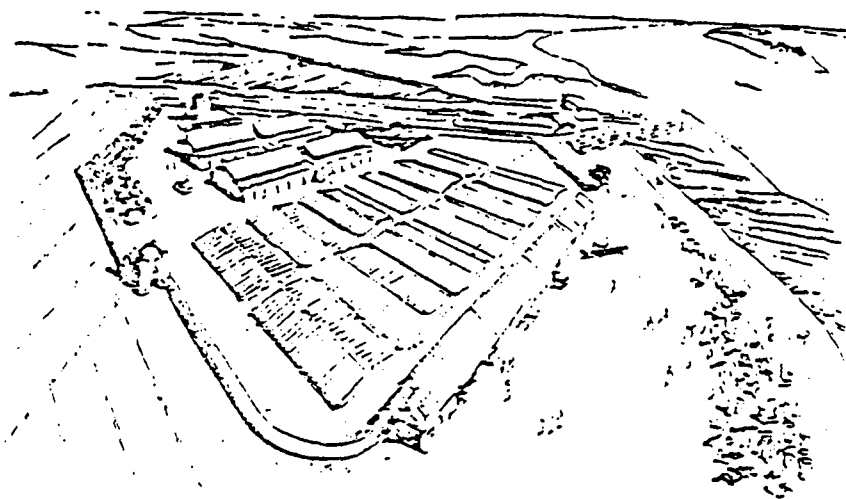
Ces premières pompes ont eu des résultats très variables sur le terrain suivant le contexte local, les structures d'accueil, etc. Les évaluations que l'on trouvera ci-dessous permettent de se faire une opinion, objective à notre avis, sur les résultats de cette première génération de pompe déjà ancienne ; il convient cependant d'être prudent dans les extrapolations, les nouveaux projets en cours de démarrage étant basés sur des technologies sensiblement différentes ; leur évaluation ultérieure sera souhaitable pour se faire une idée des progrès accomplis.

Une comparaison honnête entre les pompes solaires thermodynamiques et photovoltaïques suppose la comparaison de matériels de même ancienneté dans des contextes comparables ; à notre avis, ce bilan serait loin d'être entièrement en défaveur de SOFRETES.

Le projet de Diré, financé par la France, et réalisé par SOFRETES, est particulièrement intéressant à examiner, compte tenu de son originalité :

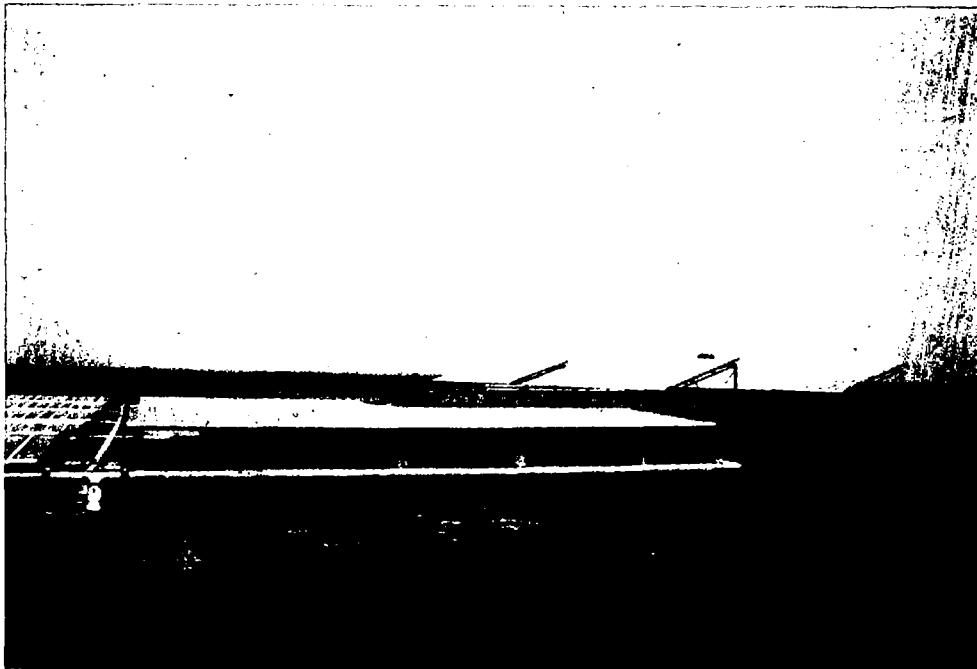
- c'est probablement la plus grande centrale de pompage solaire thermodynamique opérationnelle dans le monde;
- elle est implantée dans un contexte exceptionnellement difficile :
 - . très grand éloignement,
 - . absence d'infrastructures locales (routes, port aménagé, personnel qualifié, etc.),
 - . climatologie locale très dure (Diré est aux portes du Sahara).
- elle met en oeuvre des solutions techniques originales dont le stockage thermique;
- elle a été réalisée avec une participation importante de la population locale (fabrication des capteurs par exemple).

Ce projet étant presque achevé, nous essaierons d'en faire un bilan partiel.





. Capteurs au sol et capteurs en toiture



. Capteurs sur stockage (au premier plan)

Exemple n° 1	CENTRALE SOLAIRE THERMODYNAMIQUE DE DIRE - MALI IRRIGATION
Compte rendu de visite le 17 juin 1980	

1. Localisation

DIRE est située près de Tombouctou à plus de 1000 km de Bamako et à plus de 2500 km de la côte, sur les bords du fleuve NIGER; il est très difficile d'y accéder tant par la route que par le fleuve.

2. Utilisation de la centrale solaire

La centrale solaire a été construite pour :

- irriguer les périmètres existants (environ 150 ha) en remplacement des groupes diesel de pompage souvent arrêtés faute de carburants ou de pièces;
- alimenter la ville de DIRE en eau potable grâce à un forage dont la pompe électrique est alimentée par la centrale solaire;
- réfrigérer certains produits agricoles difficiles à conserver;
- alimenter en eau, électricité et froid un petit centre touristique.

3. Fiche technique du projet

"Le groupe de conversion héliothermodynamique de DIRE, réalisé par SOFRETES, est prévu pour assurer les services suivants :

- pompage d'eau à partir du Niger avec un débit moyen journalier de 8500 m³ pour l'irrigation, sauf sur trois mois de l'année;
- pompage d'eau potable à partir d'un forage avec un débit moyen journalier de 600 m³;
- alimentation d'un groupe frigorifique dont les caractéristiques sont une température de + 4°C et une production moyenne journalière de 30 000 frigories;
- fourniture d'électricité en fin de journée pour l'éclairage, énergie moyenne journalière 5 kWh.

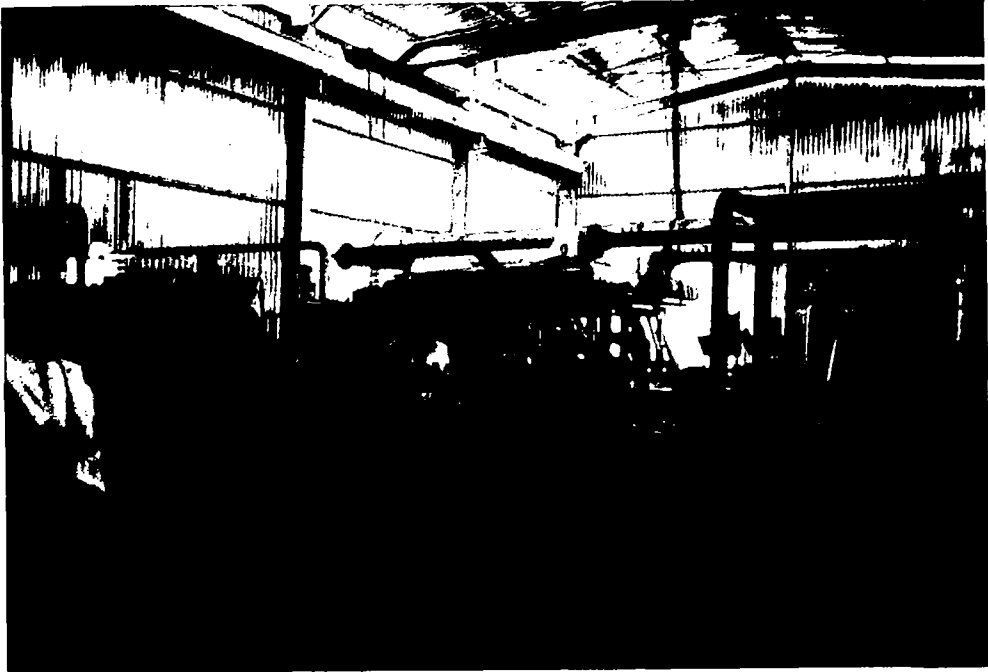
Les installations de conversion de l'énergie solaire de la SOFRETES en énergies nobles, sont caractérisées par :

- la captation de l'énergie solaire et sa transformation en énergie thermique par des réseaux d'absorbeurs plans. Cette énergie est cédée à de l'eau utilisée comme caloporteur;
- la transformation de cette chaleur en énergie primaire mécanique par l'intermédiaire de moteurs rotatifs à cycle de Rankine. Le fluide thermodynamique est du fréon 11.

La centrale comporte :

- un réseau de capteurs interconnectés. Le fluide caloporteur est de l'eau chargée avec un inhibiteur de corrosion;
- un stockage thermique placé en parallèle sur le réseau de captation. L'élément stockeur est le fluide caloporteur dont on utilise la chaleur sensible.

Le stockage est utilisé en "tampon" pour la journée. Il régule donc les températures de captation et d'entrée sur les évaporateurs à un niveau imposé, ce qui se traduit par un meilleur rendement d'utilisation de l'énergie solaire incidente. De plus, cela permet de récupérer "les basses calories" du matin et du soir et les "hautes calories" du milieu de la journée.



. Boucles thermodynamiques et alternateur (au deuxième plan et au fond)



. Station et chenal d'amenée d'eau

Enfin, il assure le fonctionnement du groupe électrogène de 17 h à 22 heures.

Deux groupes moto-pompes avec une pompe de réinjection, une pompe de circulation de condenseur et une pompe de circulation d'évaporateur couplés sur l'arbre. Ces deux unités assurent à 90 % le pompage de l'eau du Niger. Après passage dans un bassin de dissipation, l'eau est dirigée par un canal vers le périmètre d'irrigation.

Un groupe moto-alternateur avec pompe de réinjection et pompe de circulation de condenseur couplées sur l'arbre qui assure l'alimentation en électricité des postes suivants :

- un convertisseur alternatif continu débitant sur un groupe de batteries;
- l'armoire de régulation et de contrôle de toute la station;
- le moteur de la pompe de circulation de fluide caloporteur pour ce groupe;
- le groupe moto-pompe immergé dans le forage;
- l'unité frigorifique;
- l'éclairage vespéral;
- le moteur de la pompe de circulation de l'eau du stockage thermique".

La centrale est équipée de 3200 m² de capteurs actifs à double vitrage qui alimentent trois boucles thermodynamiques d'une puissance totale de 80 kW mécanique. La production journalière est prévue pour être comprise entre 400 et 450 kWh/jour sous forme mécanique (pompes d'irrigation) et électrique (alternateur pour l'éclairage, les auxiliaires, la pompe du forage, etc).

4. Coût du projet

Environ 7 millions de FF; ce budget couvre notamment : une partie des frais de recherche et d'ingénierie, les matériels, le génie civil, les transports (très coûteux), le montage, la mise en route, etc.; ce prix est peu significatif compte tenu du caractère pilote de cette installation et de sa situation très particulière; il semble d'ailleurs que les coûts réels constatés aient été sensiblement supérieurs.

5. Etat d'avancement du projet

Le projet est opérationnel depuis juillet 1979, fournissant sensiblement le service attendu malgré quelques difficultés de réalisation que nous résumons ci-après :

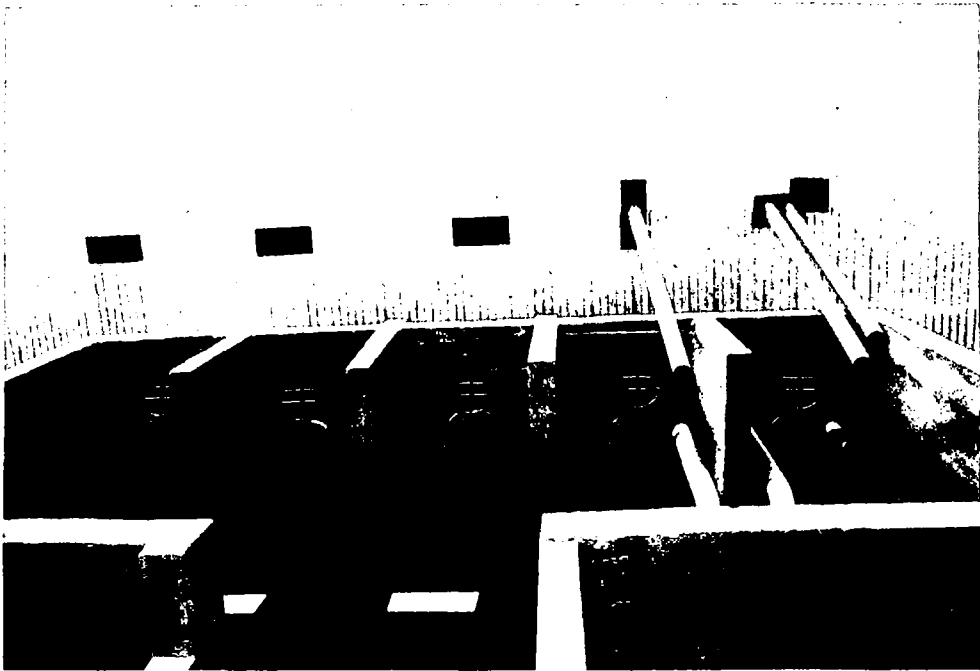
- Capteurs : l'isolant des capteurs a été l'objet d'un phénomène de dégradation (dégazage) obligeant au remplacement de celui-ci dans la majorité des capteurs; ce travail est aujourd'hui presque terminé et n'a pas gêné le fonctionnement de la station grâce aux possibilités d'isolement des travées de capteurs (vannes secondaires).

Stockage thermique : réalisé, il n'a pas encore été mis en service par suite des problèmes apparus sur les capteurs; sa non mise en service n'a pas été préjudiciable dans la mesure où les surfaces à irriguer ont été plus faibles que prévu pour des raisons indépendantes du projet; on n'est donc pas en mesure aujourd'hui d'en connaître les performances et de les comparer aux performances attendues.

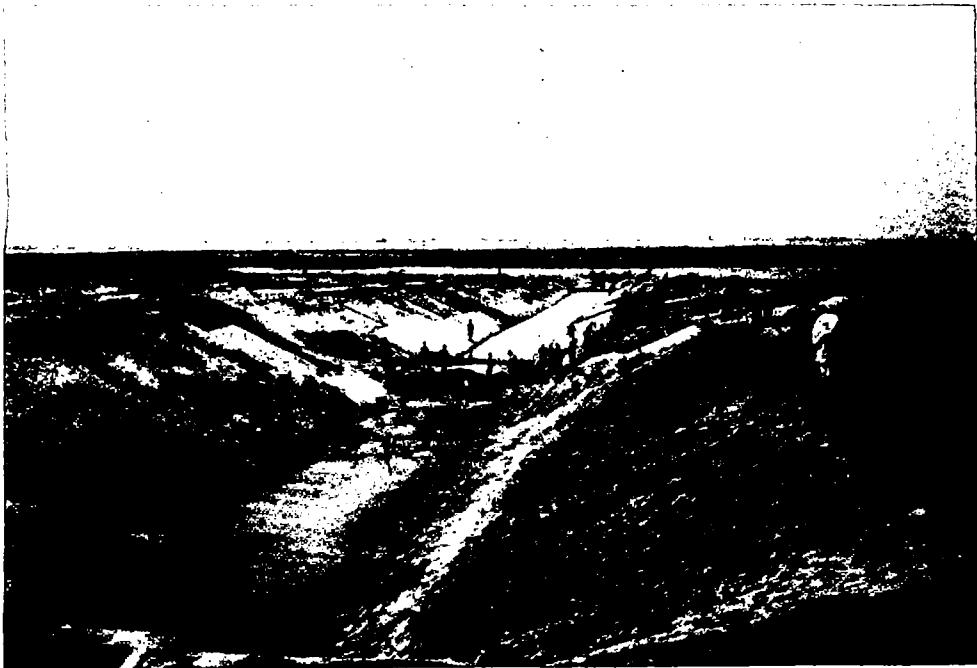
6. Performances constatées

Les performances constatées ne peuvent qu'être incomplètes et approximatives dans la mesure où :

- le stockage thermique n'a pas été mis en service,



. Refoulement



. Réfection du chenal

- L'appareillage de mesure existant sur le site est très limité (pas d'appareillage notamment pour la mesure des débits, des vitesses, des puissances électriques).

Les mesures effectuées, malgré leurs limites, sont encourageantes.

En février 1980, la station a fonctionné 135 h 55 soit une moyenne de 4,7 h/jour (sans stockage); le débit horaire maximum étant de 1400 m³/h correspondant vraisemblablement à un débit journalier de l'ordre de 6000 m³/j, il est probable qu'avec la mise en service du stockage permettant un sensible allongement de la durée de fonctionnement, il soit possible d'atteindre les 8500 m³/j annoncés (pour 6,5 kWh/m²/j), d'autant plus que février est un mois moyennement ensoleillé (soleil assez bas, ciel troublé par le sable entraîné par l'harmattan).

En avril 1980, la station a fonctionné selon SOFRETES jusqu'à 8 h/jour.

En février 1981, les statistiques de fonctionnement étaient les suivants :

- DIRE 1 - fonctionnement moyen 5 h 00/jour
- DIRE 2 - fonctionnement moyen 5 h 40 à 6 h 00/jour
- DIRE 3 - fonctionnement 3 h/jour (en l'absence d'une demande suffisante).

7. Qualité des services rendus

La centrale solaire de DIRE, malgré l'inachèvement de certains équipements, a fourni des services d'importance primordiale :

Irrigation :

- en 79/80, 47 hectares de blé ont été cultivés avec un rendement moyen de 1,5 T/ha; selon les responsables du Ministère de l'Agriculture et du Génie Rural, la station solaire a permis de sauver la récolte durant une période où les groupes diesel de pompage n'étaient plus alimentés en combustible;

- en 80/81, l'ensemble de l'irrigation du périmètre (blé, sorgho, tomates) a été faite à partir de la station solaire, sans appoint de moteurs diesel, immobilisés d'ailleurs par suite des pénuries régulières en gas oil.

Certains services, programmés à l'origine, n'ont par contre pu être fournis :

- Eau pour la ville de DIRE : la pompe électrique immergée donne 60 à 70 m³/h durant le fonctionnement de la centrale, faute de conduite vers la ville où un réseau est en cours d'aménagement, cette eau potable de qualité n'a pu être bien valorisée (utilisation pour l'irrigation en attendant ...).

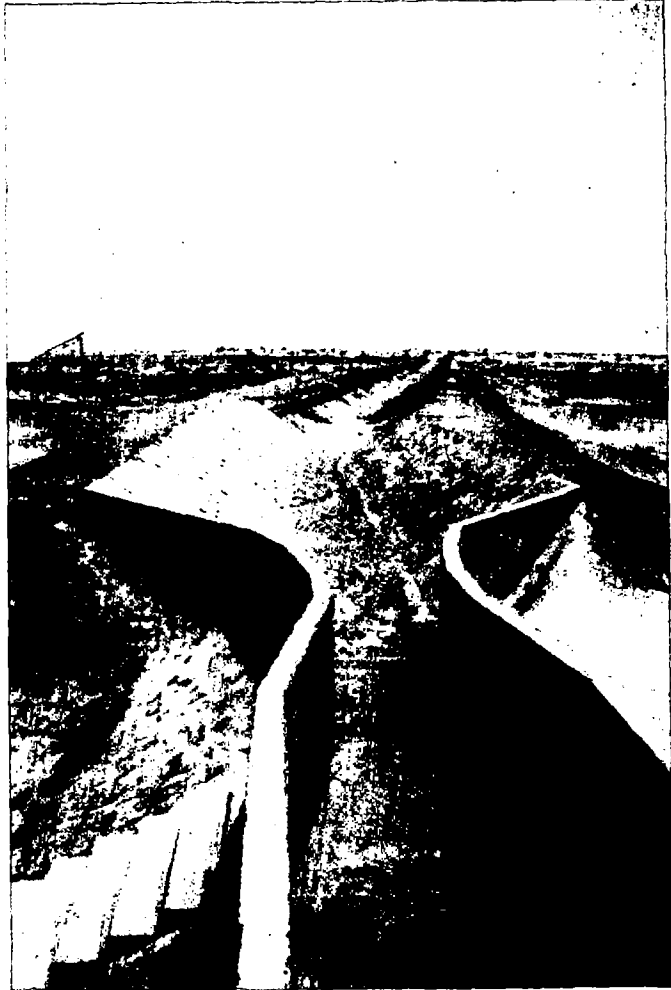
- Réfrigération : l'unité frigorifique est restée en caisse, la coopérative et le centre touristique envisagés à l'origine n'ont pas encore vraiment vu le jour.

- Electricité : le surplus qui sera disponible dès la mise en service du stockage thermique (jusqu'à 22 h) n'a pas encore trouvé d'utilisation.

8. Problèmes rencontrés lors de la réalisation

La réalisation du projet a été très difficile compte tenu du contexte très exceptionnel, la majorité des problèmes ont trouvé une solution, malgré des aléas techniques très inhabituels tels que le dégazage de l'isolant obligeant à une réfection complète des capteurs. La gestion de ce projet a été difficile compte tenu de l'étroitesse des budgets, de la rareté des personnels qualifiés, du caractère pilote de cette réalisation et de la difficulté des communications; à signaler l'étroite collaboration qui a pu

. Chenal d'évacuation



. Périmètres irrigués



être élaborée entre la population locale, le génie rural, le laboratoire de l'énergie solaire de Bamako, qui a détaché un technicien, et le personnel SOFRETES.

9. L'avenir - Les problèmes à résoudre

L'avenir de ce projet, intéressant et incontestablement utile, doit être assuré, coûte que coûte; ceci suppose :

- le maintien et même le renforcement des moyens humains et financiers associés au périmètre irrigué actuel (appui du FAC);

- la mise à disposition de moyens financiers supplémentaires pour SOFRETES afin d'assurer la finition et l'entretien des installations. Ces moyens financiers devant être assortis d'un contrat très précis décrivant l'ensemble des prestations à fournir par cette société;

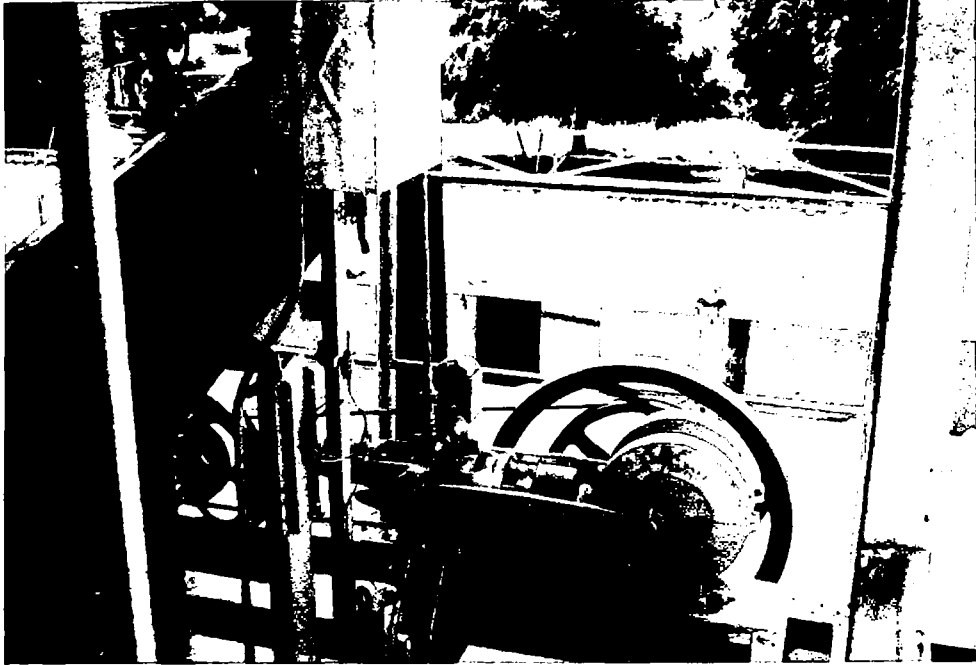
- le maintien du technicien du laboratoire de l'Energie Solaire de Bamako.

A notre avis, sous réserve d'une nouvelle analyse plus approfondie sur le terrain, il nous paraît impératif :

- de terminer complètement le projet afin que celui-ci assure tous les services prévus à l'origine (irrigation, eau potable pour DIRE, réfrigération, électricité). Il serait regrettable que par renoncement à des investissements complémentaires modestes par rapport au coût initial du projet, celui-ci reste sous utilisé ; en dehors de la finition technique de la centrale même, il faudrait mener à bien :

- le raccordement de la pompe électrique de forage au réseau de DIRE,
- la réalisation d'un campement touristique qui bénéficierait gratuitement d'eau potable, d'électricité et d'une chambre froide et apporterait quelques ressources et emplois à la ville de DIRE.

Il faudrait aussi doter la centrale d'un stock de pièces détachées plus important et mettre en place un minimum d'appareillage de mesure afin d'exploiter tous les enseignements que peut procurer cette première réalisation.



. Moteur thermodynamique



. Distribution d'eau à la borne siphonide

Exemple N°2	
Compte rendu de visite le 5 octobre 1980	POMPE SOLAIRE THERMODYNAMIQUE DE MERINA DAKHAR - SENEGAL HYDRAULIQUE VILLAGEOISE
<p>1. <u>Localisation</u></p> <p>Environ 100 Km de Dakar, au nord de Thiès, sous-préfecture facilement accessible par route bitumée. Pas de réseau électrique public mais existence de groupes électrogènes privés (sous-préfet, centre de jeunes, etc).</p> <p>2. <u>Caractéristiques nominales</u></p> <p>Le contrat SOFRETES prévoyait : $Q = 15 \text{ m}^3/\text{jour}$ $HMT = 39 \text{ m}$ $t \text{ eau froide} = 29^\circ\text{C}$</p> <p>3. <u>Date de mise en route</u></p> <p>Début 1976.</p> <p>4. <u>Performances de la pompe</u></p> <ul style="list-style-type: none">- La pompe était en état de fonctionnement et marchait le jour de notre visite (démarrage vers 11h00). Sa durée journalière de fonctionnement est de 4 à 5 heures.- Le débit est très notablement inférieur au débit nominal (d'environ 50%). Nous avons mesuré un débit d'environ $2 \text{ m}^3/\text{h}$ pour un rayonnement solaire de 850 W/m^2.- La pompe a connu un assez grand nombre de pannes peu importantes, celles-ci ont pu être réparées assez facilement, dans un délai raisonnable (site très accessible) par un agent qualifié de la SINAES qui représente SOFRETES à DAKAR. <p>5. <u>Etat de la pompe</u></p> <ul style="list-style-type: none">- La pompe est apparemment en assez bon état tant pour la partie capteurs que pour la boucle thermique et la presse hydraulique.- Le graissage paraît par contre insuffisant. Le gardien n'avait pas de pompe à graisse... <p>6. <u>Problème du gardien</u> (voir note jointe donnant les "points de vue" du gardien)</p> <p>Le gardien de la pompe n'a pas été rémunéré au cours des dernières années, ce qu'il considère comme très injuste... Il a donc vécu exclusivement sur ses revenus agricoles. Il est aidé par deux assistants qui le remplacent lorsqu'il s'absente.</p> <p>Depuis septembre 1980, un comité villageois a été créé afin de prendre en charge la gestion de cette pompe (entretien et rémunération partielle du gardien); une première collecte a donné 110 FF partagés ainsi : 50 F pour le gardien, 15 F pour chaque aide; selon le gardien, cette somme est dérisoire puisqu'il espère un revenu de 200 F/mois environ.</p>	

PROCES VERBAL D'ESSAI

Heure GMT		Ensoleillement W/m ²		MOTEUR			DEBIT (2) 1 AR/mm \approx 0,09 m ³ /h.		Niveau DYN (m)		Hauteur REF (m)		H. MT (m)		OBSERVATIONS
		G (1)	D %	Vv	I A	P	AR	Index compteur	Volume (1)	Débit horaire					
11h35	780	-				24,3		2,19				+1,5	12 m	Utilisation directe sortie pompe.	
11h40	790	-				22,7		2,04				(+10m)		Refoulement sur chateau d'eau.	
11h50	810	-				22,2		2,00							
11h55	825	40%				22,4		2,02							
12h00	825	-				21,8		1,96						Temps eau chaude 70°C	
12h22	850	41%				22,4		2,02						Température au soleil 47°C	
13h00	880	-				23,5		2,12						Température ambiante 33°C	
														Température eau sortie pompe \approx 10°C	

(1) perpendiculairement aux capteurs plans
 (2) selon SOFRETES, sous réserve que le circuit hydraulique soit bien purgé.

Nota : le sous-préfet prévoit une augmentation des cotisations après la récolte. Il n'est d'autre part pas impossible que le gardien touche quelques gratifications en livrant l'eau en priorité à quelques personnes du village.

7. Satisfaction des usagers

La pompe solaire est bien acceptée par les usagers mais ceux-ci se plaignent de son débit très insuffisant face aux besoins croissants (déplacement des populations vers les points d'eau) et des durées de fonctionnement très limitées (l'eau n'est branchée que 2 heures environ par jour...). Le recours à des bornes fontaines paraît une bonne solution (pas de gaspillage, nombreux points de raccordement, pas de robinets fragiles) à généraliser

8. Point de vue du sous-préfet de Mérina Dakhar : M. Amsata-Sall

L'arrondissement comprend 44 000 habitants sur 622 Km² (69 habitants/Km²), ce qui est dense, compte tenu de la pauvreté des sols. Cette population se décompose ainsi :

- communauté rurale de Médina Dakhar : 18 000 habitants
- communauté rurale de Koul : 15 000 habitants
- communauté rurale de Pékesse : 11 000 habitants

Le village même de Mérina Dakhar comprend 700 habitants, il est entouré par 2 hameaux comprenant 850 habitants disposant de puits seulement, leur distance au centre est de 1 Km et 1 Km 500.

Il faudrait donc créer 3 nouvelles bornes fontaines, 1 dans chacun de ces hameaux + 1 auprès du Foyer des Jeunes pour "fixer les jeunes au terroir" grâce à des activités de maraîchage. Il espère que la pompe photovoltaïque en cours d'installation auprès de la pompe actuelle permettra le raccordement de ces bornes supplémentaires...

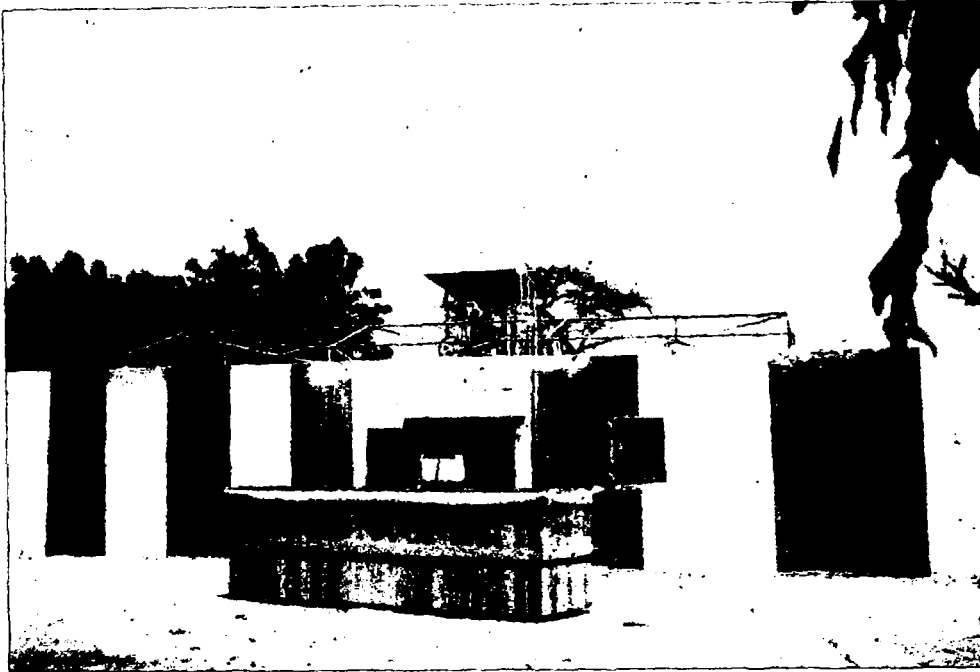
La pompe thermodynamique actuelle fonctionne bien malgré quelques pannes mais a une capacité insuffisante. Il paraît préférer les pompes diesel, plus puissantes, marchant plus longtemps et fait référence au village de Pékesse équipé d'une grosse pompe diesel dont l'approvisionnement en gasoil est financé par les paysans.

Le sous-préfet insiste sur l'accroissement constant de la population auprès des gros villages de Mérina, Koul et Pékesse; les populations se rapprochent de la route espérant bénéficier de meilleures conditions de vie (eau, école, santé, etc).

Pour lui, l'expérience de la pompe solaire est positive malgré les insuffisances constatées. A Niakhene c'est par contre un échec total et la population est très déçue.

Le village a aujourd'hui 2 écoles et 5 classes. Il y a un foyer des jeunes avec un groupe électrogène qui marche bien. On prévoit la création de pharmacies villageoises et l'on attend un infirmier.

La situation alimentaire a été très mauvaise. 240 tonnes de céréales provenant de l'aide ont été distribuées en mai. Les perspectives pour 1980/1981 restent préoccupantes (fort déficit des pluies).



. Arrivée de l'extension photovoltaïque -
Montage des panneaux sur le toit



. Moteur à courant continu et nouvelle pompe. La seconde
roue sera reliée par courroie au moteur thermodynamique.

Le sous-préfet ne dispose d'aucune information sur l'origine du financement de la première pompe solaire ni sur celui de la nouvelle pompe photovoltaïque en cours d'installation. Il n'a reçu aucune information : nature des travaux, débits journaliers attendus, etc.

9. Extension de la pompe actuelle de MERINA DAKHAR avec une pompe photovoltaïque

9.1. Nature du projet : Il s'agit d'accroître la capacité de la pompe thermodynamique actuelle (10 m³/jour environ sur 4 à 5 heures) grâce à la mise en place du système photovoltaïque suivant branché sur la même pompe de forage :

- générateur photovoltaïque
- batteries
- armoire de contrôle avec programmateur
- moteur courant continu
- presse hydraulique

L'énergie électrique produite le jour est stockée dans les batteries pour permettre à la pompe de fonctionner en dehors des heures de fonctionnement actuelles (11h30/16h30) et accroître ainsi le débit total.

9.2. Caractéristiques du projet :

- générateur photovoltaïque 48 x 33 W = 1 584 watts crête, BP x 47 C
- débit : 18 à 20 m³/jour
- HMT : 40 m.

9.3. Etat d'avancement du projet :

Lors de notre visite, le matériel était sur place, non monté. Seuls les supports de modules étaient mis en place sur le toit du local implanté devant la pompe thermodynamique actuelle.

Ce projet serait aujourd'hui opérationnel (avril 1981).

Points de vue du gardien de la pompe de Mërina Dakhar
recueillis lors d'une interview approfondie le 5.10.80
Commentaires de SEMA

1. Connaissance de la pompe

- Le gardien a assisté au montage des 4 pompes installées dans la région ainsi qu'aux nombreuses interventions d'entretien. Il estime bien connaître le fonctionnement de ces pompes et leurs principales pannes.
- Les explications qu'il nous a fournies sur les difficultés rencontrées, notamment à Niakhène (pompe SÔFRETES d'un village voisin), traduisent effectivement une bonne compréhension du système.

Commentaires : on a trop souvent sous-estimé les capacités intellectuelles et techniques des gardiens, alors que leur rôle est essentiel pour la bonne marche des installations problème de la formation initiale.

2. Outils, pièces détachées, graisse

- Le gardien n'a pratiquement rien, même pour les pannes les plus élémentaires : fuite à un raccord, courroie, etc...
- Le gardien n'avait pas de graisse, ni de pompe à graisse; la pompe est graissée, mais rarement, probablement par SINAES...

3. Intérêt du gardien pour l'entretien

- Le gardien est visiblement intéressé par les problèmes d'entretien, et se sent capable d'effectuer des réparations (il a "appris" avec le réparateur de la SINAES). Il estime cependant que ce n'est pas son rôle, n'étant pas rémunéré et appointé pour cela.

Commentaires : avec une courte formation complémentaire, nous pensons que le gardien est à même d'assurer l'entretien et les réparations courantes sur sa pompe et les 3 pompes voisines. Ce serait plus efficace que des interventions à partir de Dakar.

4. Gestion de l'eau pompée

Le gardien démarre la pompe vers 11h.30, puis :

- approvisionne les notables du village,
- remplit partiellement le château d'eau,
- ouvre vers 15h.30/16h.00 les bornes fontaines,
- arrêt vers 17h.00.

5. État du réseau de distribution

- Le gardien souligne que le château d'eau doit être très sale (on ne peut y accéder faute d'échelle), assez petit, en acier de forme cubique, il paraît en bon état (10 m³ semble-t-il).

- Le gardien signale que plusieurs vannes sont hors d'usage et fuient en permanence on ne peut garder l'eau dans le chateau car il y a trop de fuites au niveau des vannes. Il s'en sert donc de manière intermittente, ne stockant pas d'eau d'un jour à l'autre, ce qui est très regrettable du point de vue de la régularité d'approvisionnement et de la sécurité.
- Les bornes fontaines, très appréciées, paraissent elles en bon état.

Commentaires : Le succès d'un projet hydraulique et notamment d'une pompe solaire dépend étroitement de la qualité du réseau hydraulique (vannes, robinets, conduites, chateau d'eau). L'entretien défectueux de ces réseaux gêne considérablement, nous l'avons vu, la bonne utilisation de ces pompes solaires pourtant coûteuses former le gardien à l'entretien de ce réseau, lui fournir dès le départ un jeu raisonnable de vannes et robinets. Ces pièces s'usent en effet beaucoup plus vite qu'en Europe (utilisation très intensive, abrasion du sable, etc...).

6. Rémunération du gardien

Nous en avons parlé ailleurs. La mise au point d'un mode de prise en charge du gardien et de la pompe solaire (entretien) constitue un point vital pour la durabilité du projet; une réflexion dans ce sens a déjà été introduite à Mērina Dakhar (cf. note du sous-préfet); elle arrive cependant un peu tardivement.

Deux approches peuvent être envisagées : une approche prise en charge collective (cas de Mērina Dakhar), ou la vente directe d'eau par le gardien, qui est beaucoup plus acceptable qu'on ne le croit. En fait, à Mērina les deux approches paraissent mises en oeuvre : très légère rémunération collective + gratifications des utilisateurs...

7. Point de vue du gardien sur la nouvelle pompe photovoltaïque

Le gardien est visiblement très peu informé sur les caractéristiques du générateur photovoltaïque en cours de montage et sur les conséquences que cela aura :

- sur la vie du village (changements de la distribution d'eau),
- sur sa fonction (horaires de travail, services à fournir).

Commentaires : on constate une grave carence d'information tant au niveau du gardien, que du village ou que du sous-préfet, aucun n'ayant reçu des informations claires. L'information préalable des personnes concernées nous paraît être un élément-clé pour la bonne acceptation d'un projet et traduire surtout un respect pour ces mêmes personnes.

8. Sécurité de l'approvisionnement en eau

La pompe solaire marche depuis 1976 assez régulièrement, les pannes ou arrêts dus au climat n'ayant pas dépassé généralement quelques jours chaque mois (avantage dû à la proximité de Dakar et à l'existence de la SINAES).

Le village dispose de deux puits en bon état non asséchés, situés à proximité, le village est donc à l'abri de situations graves en cas de panne, même si la gêne des usagers est très largement perçue.

Commentaires : ne pas installer de pompe solaire s'il n'y a aucune solution de secours à proximité (puits permanent en bon état, pompe à main, etc...). Le risque de pénurie totale n'est pas acceptable.

9. Appréciation de la pompe solaire par le gardien

Le gardien a une attitude positive face à cette pompe, il n'en critique pas les choix techniques, elle lui assure indiscutablement un "pouvoir" réel sur la population; c'est lui qui commande l'apport de l'eau saine, "lui" seul sait faire marcher la machine, la population place une confiance totale en lui.

Commentaires : le poste de gardien de pompe solaire est considéré par les villageois comme un poste de confiance; le choix du gardien est effectué par le chef du village qui très souvent place son fils (nous l'avons constaté plusieurs fois).

10. Impact de la pompe solaire sur le développement du village

Pour le gardien "la pompe a apporté le développement au village", "les femmes économisent beaucoup de temps pour aller chercher l'eau, elles ont maintenant le temps de faire des commerces et apportent ainsi de l'argent au village".

Depuis que la pompe est installée, "le village a beaucoup grandi", de nombreux paysans se sont rapprochés définitivement attirés par ce point d'eau permanent et par les services de l'administration école, maternité, etc...).

Commentaires : à nos yeux, cette pompe solaire a surtout donné confiance au village en lui-même. La fierté des habitants pour cette pompe est visible et le village donne l'impression d'une certaine aisance malgré sa situation dans une zone très pauvre (sécheresse continue); l'impact sur la santé, permis par le pompage d'une eau saine, difficilement mesurable, semble cependant assez bien perçue.

Il reste que le service fourni est très insuffisant : fourniture d'eau 2 à 3 heures par jour seulement à une faible partie de la population (les hameaux ne sont pas raccordés).

Il faudrait absolument agrandir le réseau hydraulique avec la mise en service du générateur photovoltaïque qui multiplierait le débit journalier par 2 au moins; ceci n'a pas été prévu.

11. Éléments de conclusions

Pour le gardien et le village, ce projet de pompe solaire a été largement positif malgré toutes ses insuffisances. La présence d'une structure d'entretien (SINAES) explique pour une large part le succès de ce projet.

Exemple N° 3	POMPE SOLAIRE THERMODYNAMIQUE DE BONDIE SAMB - SENEGAL HYDRAULIQUE PASTORALE
D'après dossier SOFRETES du 8/4/81	
<p>1. <u>Localisation</u></p> <p>BONDIE SAMB est un village situé à 6 km à l'ouest de DIOURBEL dans la région du SINE SALOUM.</p> <p>2. <u>Caractéristiques nominales</u></p> <ul style="list-style-type: none">- puissance : 10 KW- débit : 30 m3/h- HMT : 60 m- durée de fonctionnement : 6 heures- surface de capteurs sélectifs double vitrage : 320 m2- température de l'eau pompée : 40°C- condenseur évaporatif, abaissant la température de 20°C- fonctionnement autonome par automatisme complet. <p>3. <u>Date de mise en route</u></p> <p>15 mars 1981.</p> <p>4. <u>Financement</u></p> <p>France.</p> <p>5. <u>Utilisations - structure d'accueil</u></p> <ul style="list-style-type: none">- alimentation en eau du village- alimentation des troupeaux. <p>La station sera prise en charge par la Société de Développement et de Vulgarisation de l'Agriculture (SODEVA).</p> <p>6. <u>Sociétés participant à la réalisation et à l'entretien du projet</u></p> <ul style="list-style-type: none">- génie civil : SINAES- montage et installations des capteurs sélectifs : SINAES- construction des abreuvoirs : SODEVA- construction du réservoir 200 m3 : ISRA- maintenance courante : SINAES. <p>7. <u>Performances constatées</u></p> <p>Selon SOFRETES, les premiers résultats sont très encourageants et en conformité avec le cahier des charges. Le condenseur évaporatif aurait notamment d'excellentes performances. A noter que le rendement nominal prévu est encore assez faible (1,5 %).</p>	

8. Réflexions

Ce projet étant nouveau et basé sur une technologie sensiblement différente des premières générations de matériel SOFRETES, il nous paraît indispensable de mettre en place un suivi rigoureux afin d'en suivre les performances et de pouvoir évaluer les progrès accomplis.

Il convient aussi de s'assurer que la prise en charge de la station par la structure d'accueil (village et SODEVA) s'effectue dans des conditions correctes (rémunération du gardien notamment) et qu'un budget pour l'entretien a effectivement été programmé.

B - POMPAGE PHOTOVOLTAIQUE
PRÉSENTATION ET ÉVALUATION
D'UNE REALISATION
AU CAMEROUN

1 - REMARQUE PRELIMINAIRE IMPORTANTE

Les mesures et constatations effectuées par les consultants sur les installations solaires constituent une précieuse source de renseignements quant à l'état général de ces installations ; leur caractère très limité dans le temps (une journée ou 1/2 journée par installation) doit cependant conduire à une certaine prudence dans leur interprétation ; plusieurs installations visitées mériteraient une série de mesures beaucoup plus approfondies pour aboutir à des diagnostics définitifs (analyse détaillée de chaque maillon des systèmes).

Les difficultés constatées, qu'il nous a paru utile de faire apparaître, ne doivent pas faire oublier les résultats très encourageants, voir excellents, obtenus sur nombre d'installations dans un contexte particulièrement difficile.

2 -

METHODES DE MESURE UTILISEES POUR L'EVALUATION DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAIQUES

A)- Mesure de l'ensoleillement :

- Utilisation d'une sonde de référence SOLAREX, calibrée, de haute précision délivrant 141 mV pour 1000 W/m².
- La mesure, faite toutes les 15 ou 30 minutes s'effectue dans le plan des panneaux.
- Le rayonnement global est mesuré avec précision, le rayonnement diffus est évalué (ombre étroite portée sur la cellule de référence).
- La tension délivrée par la sonde de référence est mesurée sur un multimètre digital BECKMANN de haute précision (0,1 %).

B)- Mesure des tensions :

- Utilisation d'un multimètre digital.

C)- Mesure des courants :

- Utilisation d'un shunt de précision AOIP + multimètre digital.

D)- Mesure des vitesses de rotation :

- Compte tour digital JAQUET (erreur \pm 1 tour)

E)- Mesure du niveau dynamique :

- Utilisation d'une sonde électrique bouclée sur un ohmètre.

F)- Mesure des températures :

- Deux thermomètres à mercure (précision 0,1°C) : l'un placé sur la surface des modules, l'autre à l'ombre (température ambiante).

G)- Mesure des débits :

La méthodologie varie suivant les possibilités du site :

- . compteur volumétrique étalonné au préalable,
- . variation de niveau dans un réservoir de forme régulière sur une période donnée (chronomètre),
- . utilisation d'un fût de 220 litres ou d'un seau de 20 litres étalonné et chronométrage du temps de remplissage.

Nota : les mesures électriques sont toujours faites à l'entrée de l'armoire de contrôle; les résultats concernent donc le générateur électrique dans son ensemble (pertes dans les câbles, les diodes, etc... incluses).

MATERIEL DE MESURE POUR LES POMPES PHOTOVOLTAIQUES



On distingue :

- un multimètre digital de très haute précision BECKMANN à 0,1 %
- un multimètre digital MICROCONTA à 0,5 %
- un multimètre ordinaire servant d'ohmètre pour la sonde (niveau dynamique)
- un compte tour digital de précision JAQUET
- une cellule de référence de précision SOLAREX étalonnée
- deux thermomètres de précision
- un shunt de précision AOIP - 5 VA
- une sonde électrique (mesure du niveau dynamique)
- un chronomètre

3 - PUISSANCES CRETES ET PUISSANCES ELECTRIQUES REELLES CONSTATEES

Les puissances annoncées par les constructeurs sont exprimées en watt-crête, dans la pratique les puissances mesurées sont très sensiblement inférieures à ces valeurs théoriques nominales. Ceci est normal, en effet :

. La puissance nominale d'un module en watt-crête est la puissance électrique délivrée par ce module, isolément, sous un rayonnement solaire perpendiculaire au module de 1000 W/m² pour une température ambiante théorique de 25°C.

Cette valeur est donnée par les constructeurs à ± 10 % près dans leurs spécifications.

. En pratique, l'énergie délivrée par un module, inséré dans un générateur photovoltaïque, sera nettement inférieure car :

- la puissance électrique délivrée par un module baisse très sensiblement lorsque la température ambiante augmente ; en Afrique, un rayonnement de 1000 W/m² correspond presque toujours à une température nettement supérieure à 25°C ;

- les modules n'étant pas tous identiques au sein des générateurs, il existe toujours des déséquilibres électriques entre branches, créant des pertes de puissances, parfois importantes ;

- la puissance maximum d'un module n'est obtenue que pour une fourchette de tensions assez étroite ; hors, en pratique, on ne peut se placer à tout instant au voisinage de cette tension optimale, d'où une perte de puissance supplémentaire ; ceci pose notamment le problème difficile de l'adaptation du générateur photovoltaïque à la charge électrique (moteur + pompe) assez bien résolu par certains constructeurs (GUINARD, par exemple) ;

- des pertes supplémentaires se rencontrent, au niveau du générateur, du fait de la présence de diodes de protection (en série) et de pertes ohmiques dans les câbles ;

- la puissance effective produit par le module est, de plus, affectée :
 - . par la composition du rayonnement solaire (part du diffus notamment),
 - . par la propreté des modules (transparence).

Tous ces phénomènes, dont l'interaction est complexe, expliquent qu'il soit normal d'avoir des puissances électriques mesurées au niveau de l'ensemble du générateur (toutes pertes incluses) inférieures de 20 à 30 % environ à la puissance nominale théorique qui n'a qu'un lointain rapport avec la réalité.

Exemple N° 1	POMPE SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE GUINARD DE GUETALE - CAMEROUN MARAICHAGE - HYDRAULIQUE VILLAGEOISE
Compte rendu de visite le 27 Janvier 1981	

1. Localisation

Environ 100 Km de Maroua, vers l'est (60 Km de route bitumée et 40 Km de piste sableuse).

Centre de Formation de Jeunes Agriculteurs (CFJA), proche de la sous-préfecture de KOZA.

2. Caractéristiques

- Générateur : 7 groupes de 12 panneaux BP x 47A (R.T.C.)
924 watts-crêtes
- Moteur : type ACF 100 S2 - 1.800 tours/minute
puissance nominale : 555 W
 $U_n = 31$ V
 $I_n = 21$ A
 $N_n = 85\%$
- Pompe : type ALTA X F4 100 D-20
transmission 16 m
 $Q_n = 30$ m³/jour
HMT = 20 m

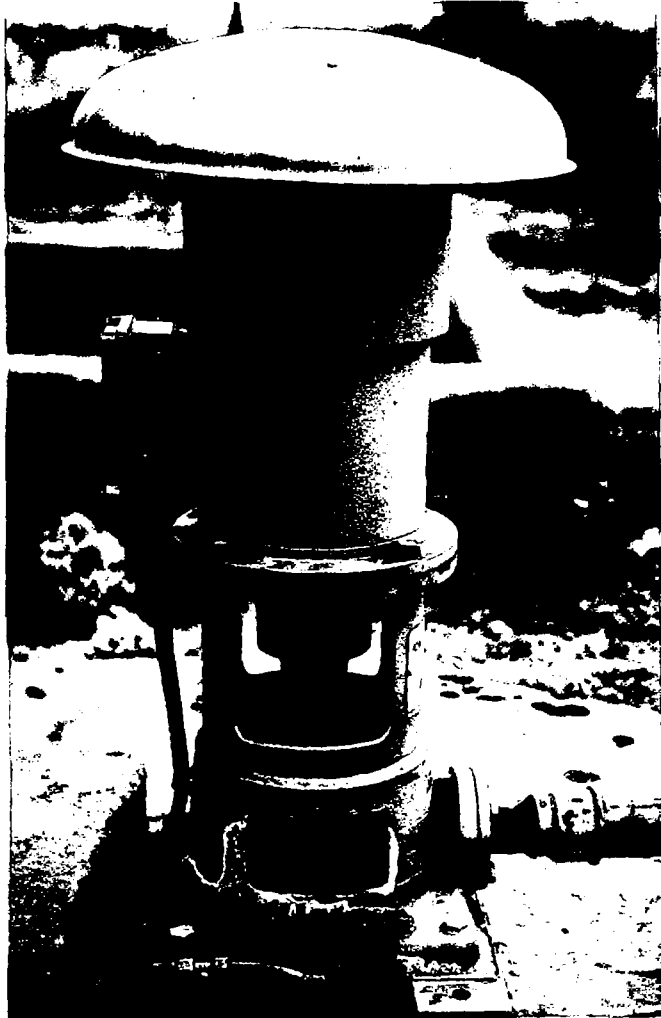
3. Date de mise en route : Octobre 1980.

4. Financement : Ministère de la Coopération (France).

5. Résultats des mesures

- a)- On constate d'abord que la HMT mesurée est conforme à la HMT nominale : 20 m.
- b)- Le rendement du générateur est très bon : moyenne de 10,3% sur la journée avec une pointe l'après-midi.
- c)- Les points de fonctionnement sont bien placés, un peu en dessous des caractéristiques.
- d)- Le débit d'eau sur la journée a par contre été assez moyen.
 - . Ceci ne s'explique que partiellement par les conditions d'ensoleillement du jour de notre visite (voir tableaux).
 - . L'explication semble aussi résider dans un rendement insuffisant du groupe moto-pompe(*).

(*) Une vanne de sortie, partiellement fermée pourrait expliquer la médiocrité des performances hydrauliques; cette éventualité est peu probable après vérification auprès de M. JACQUIN, installateur de la pompe (25.2.81)



. pompe



. Périmètre maraîcher

PROCES VERBAL D'ESSAI

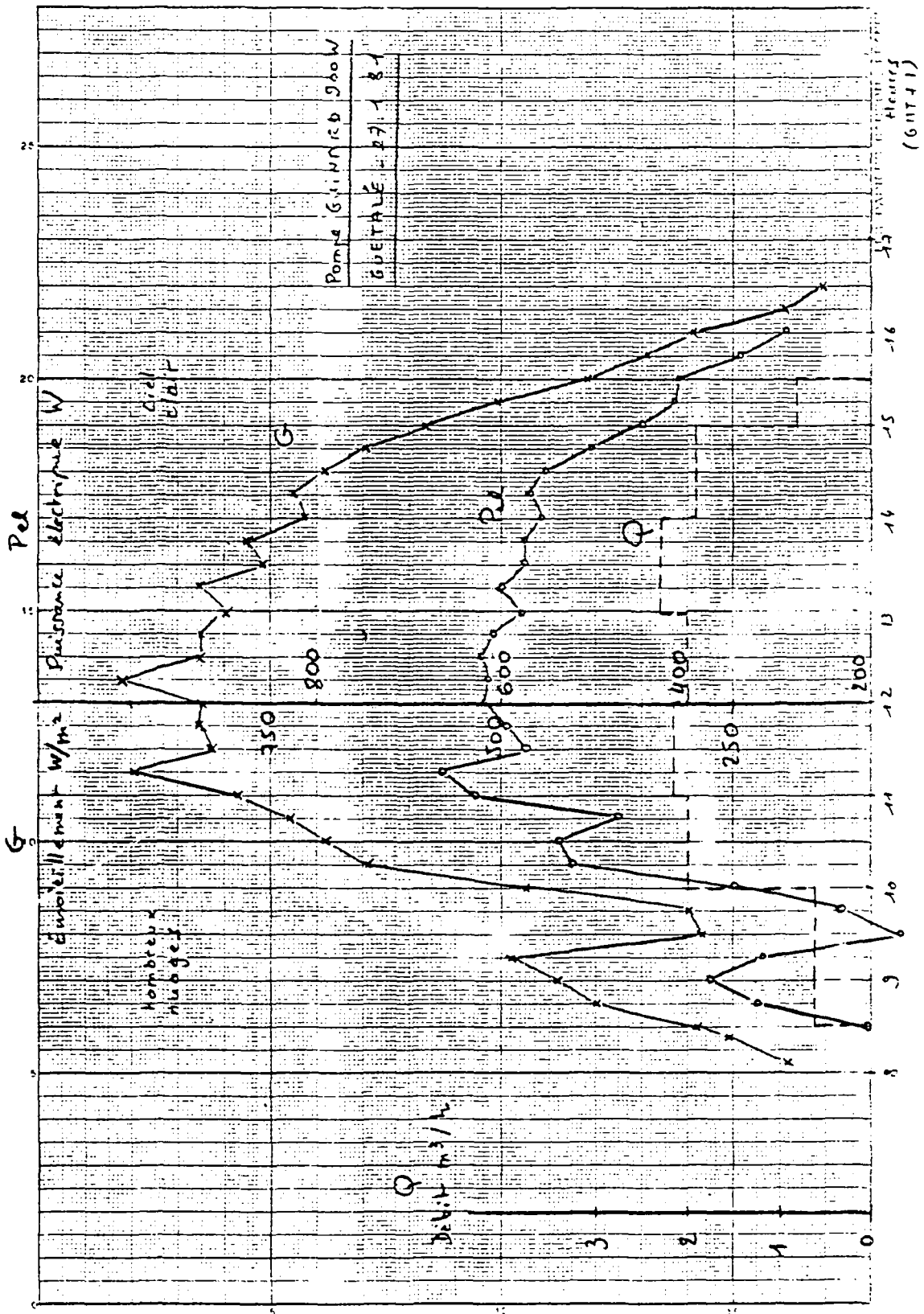
POMPE SOLAIRE : ALTA X		Localisation : GUEIALE						Date d'essai : 27.01.81						
Caractéristiques nominales : 900 Wc - 19 m ³ /jour à 22 m.		Moteur		Débit		Niveau		Observations						
Heure	Ensoleillement W/m ²		V _v	I _A	P	litre/mm	Hauteur en cm.	Volume (l)	Débit horaire m ³ /h.	HMT (m)	θ _a	θ _b	OBSERVATIONS Volume = h x 9,89 m ²	
	G	D %												
08h.06	191	60	37,3	-	-	-	-	-	-	20	18,5			
08h.24	255	78	21,1	7,2	152	1190	-	-	-	21,5	17,5		démarrage de la pompe	
08h.30	291	88	23,9	8,5	203	1385	-	-	-	23	18,5			
08h.45	397	77	28,2	11,6	327	1586	1	99	-	24,5	19,5		début de pompage	
09h.00	440	79	28,4	13,2	375	1616	2	198	0,6	17,80	26,5	20		
09h.15	489	75	27,8	11,6	322	1560	2	198	-	25,5	20,5			
09h.30	284	73	21,3	8,4	179	1252	-	-	-	17,90	23	19		voile important - arrêt du pompage
09h.45	298	86	22,8	10,3	235	1630	1	99	-	17,90	24,5	20		
10h.00	475	70	28,2	12,4	350	1641	3	297	0,6	18	26,5	21		
10h.15	645	70	29,8	17,7	527	1703	5	495	-	18,50	28,5	21,5		ciel dégagé - voile persistant
10h.30	688	65	29,9	18	538	1715	6	593	-	18,70	30,5	21,5		
10h.45	730	62	30	15,8	474	1640	4	396	-		29,5	22		passage nuageux
11h.00	787	70	31	20,4	632	1770	5	495	2,0		32	25,5		
11h.15	894	63	31,4	21,2	666	1799	7	692	-	19,40	34	24		
11h.30	816	64	30,7	18,8	577	1575	4,5	445	-		33,5	24,5		passage nuageux

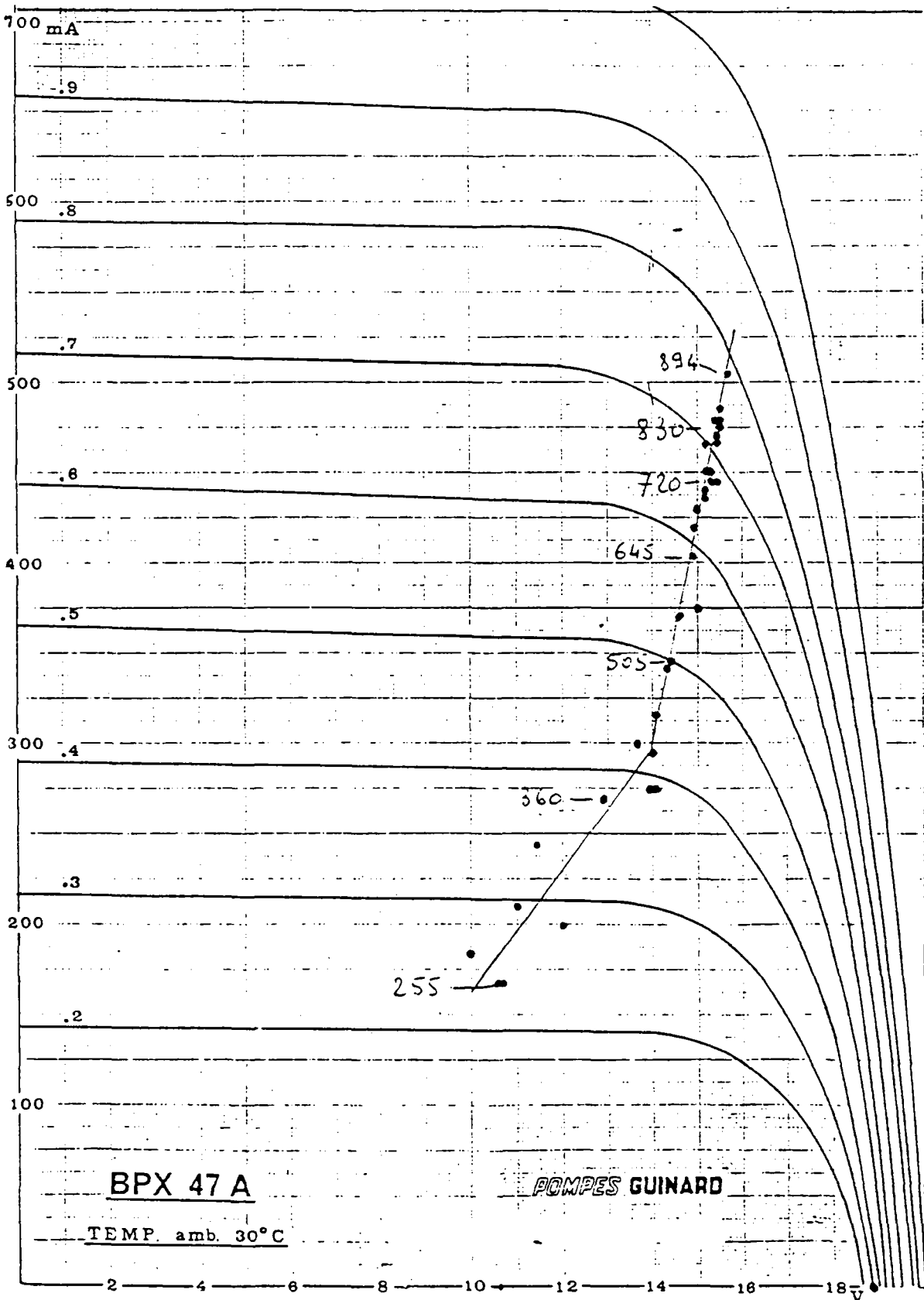
PROCES VERBAL D'ESSAI (suite)

POMPE SOLAIRE :		Localisation : GUETALE										Date d'essai : 27.01.81		
Caractéristiques nominales :												Réalisé par :		
												Météorologie :		
Heure	Ensoleillement W/m ²		MOTEUR				DEBIT			Niveau DYN (m)	HMT (m)	θ_a	θ_b	OBSERVATIONS
	G	D %	V _v	I _A	P	Ntr/mm	Hauteur (cm)	Volume (l)	Débit horaire					
11h.45	830	35	30,3	19,6	594	1747	4,5	445		10,70	19,50	33	26	
12h.00	823	52	30,8	20,2	622	1791	5,5	544	2,15	11,00	19,80	37	25,5	
12h.15	908	57	31	19,9	617	1768	6	593		11,20	20	35	26,5	
12h.30	830	44	30,9	20,1	621	1784	5	495		11,30	20,10			
12h.45	823	52	30,7	19,8	608	1790	5	495		11,60	20,40	36,5	27,5	ciel dégagé, mais assez brumeux.
13h.00	794	47	30,4	18,9	575	1786	4	396	2,0	11,70	20,50	37	26,5	
13h.15	823	38	30,8	19,6	604	1795	6	593		11,90	20,70	37	28	
13h.30	759	43	30,4	18,9	575	1794	7	692		12,10	20,90	35	28	
13h.45	773	42	30,5	18,9	576	1793	6	593		12,20	21	35,5	27	
14h.00	716	49	30,4	18,4	559	1790	4	396	2,3			35	28,5	
14h.15	723	38	30,5	18,7	570	1785	6	593				35,5	28	
14h.30	688	38	30,3	18,3	554	1788	5	495		12,20	21	34,5	28	
14h.45	645	42	29,8	17,0	507	1770	4	396				35	29	
15h.00	582	49	29,1	15,5	451	1740	4	396	1,9	11,90	20,70	34,5	28	
15h.15	504	42	28,7	14,5	416	1722	2	198				33	27	

PROCES VERBAL D'ESSAI (suite)

POMPE SOLAIRE :		Localisation : GUETALE										Date d'essai : 27.01.81		
Caractéristiques nominales :												Réalisé par :		
												Météorologie :		
Heure	Ensoleillement W/m ²		MOTEUR				DEBIT			Niveau DYN (m)	HMT (m)	θ_a	θ_b	OBSERVATIONS
	G	D %	V _v	I _A	P	Ntr/mm	Hauteur (cm)	Volume (l)	Débit horaire					
15h.30	482	44	28,5	14,4	410	1704	2	198	0,8	11,60	20,40	32,5	27,5	arrêt du pompage
15h.45	411	52	27,4	12,6	345	1650	-	-	-			33	27,5	
16h.00	362	51	25,8	11,4	294	1549	-	-	-	11,00	19,80	32	27	
16h.15	284	60	21,9	8,9	195	1315	-	-	-			30	27	
16h.30	255	61	19,9	7,7	153	1160	-	-	-	10,60	19,40	29	26	
17h.00							-	-	-					arrêt de la pompe
TOTAL									11,6					N.B. La mesure directe de la hauteur d'eau dans le réservoir (la seule possible) est imprécise au quart d'heure près mais excellente pour le total pompé dans la journée (pas de cumuli des erreurs de lecture).





BPX 47 A

POMPES GUINARD

TEMP. amb. 30°C

GUETALE (27.I.1981)

- e)- Le débit horaire est pratiquement constant entre 10h00 et 15h00.
- f)- La pompe ne travaille bien que près de sa vitesse nominale. En dessous de 1.600 tours/minute le matin et de 1.700 tours/minute le soir (HMT plus importante), le débit d'eau pompée est nul.
- g)- La mesure de débit a été faite en mesurant l'écart entre le bord supérieur du chateau d'eau et le niveau de l'eau dans le chateau. Cette mesure est précise au niveau de la journée, correcte au niveau de l'heure, douteuse au niveau du quart d'heure (imprécision 20% + fluctuations dues aux remous). On a donc préféré totaliser les débits, heure par heure.

6. Etat des installations

Générateur : montage très solide bien adapté. Montants métalliques boulonnés sur parpaings cimentés. Pas de trace de corrosion. Boîtiers de jonction en bon état. Légères traces de rouille dans les angles. Boîtier principal et cablage très sain.

Modules : détériorations légères : brunissement du verre dans les coins, jaunissement de la face intérieure des cellules et décoloration de la couche anti-reflet. Pas de grille manquante ni de défauts d'étanchéité.

Armoire de commande : verrouillée (le chef du centre n'a pas la clé). Bon aspect extérieur.

Pompe : bon état extérieur. Pas de bruit anormal en fonctionnement.

Puits : couvert en permanence (couverture métallique amovible).

Réservoir : bon état; contenance : 21 m³; contenance utile : 16 m³; système d'arrêt automatique réservoir plein.

Compteur volumétrique : non installé.

Canalisations : 2", 43 m de long, 3 coudes, 8 m de dénivellation (+ 16 m de transmission).

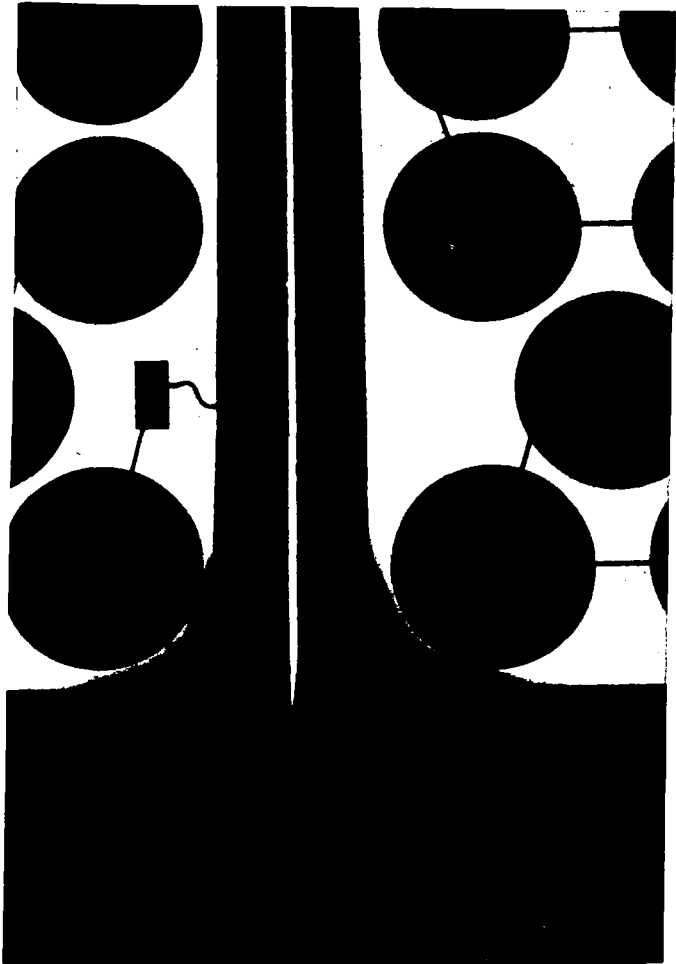
7. Historique de la pompe

Le programme triennal "Sahel Energies Nouvelles" de 1976 avait prévu l'implantation d'une pompe photovoltaïque 1.800 Wc dans la réserve naturelle de WASA.

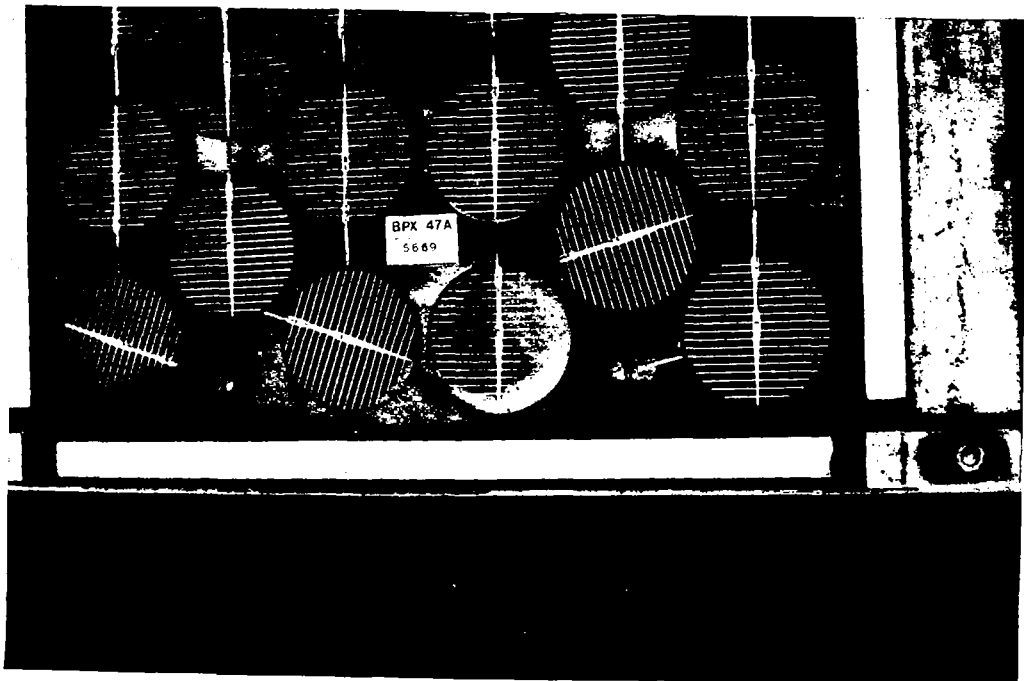
Le site retenu fut finalement un forage ancien qui existait à KOZA. Le forage étant colmaté et étant situé sur un terrain appartenant au CFJA de Guétalé, il fut décidé en mars 1979 d'installer 2 pompes 900 Wc dans deux Centres de Formation de Jeunes Agriculteurs, l'un à Guétalé (1 Km de KOZA), l'autre à Ngouma (extrême nord du nord Cameroun). La pompe de Guétalé fut installée à la mise en service du Centre (octobre 1979). La pompe de Ngouma n'est pas installée et le centre n'est pas terminé. (La pompe 1.800 Wc, initialement prévue, est toujours stockée à Guétalé).

La pompe installée à Guétalé tourne depuis 14 mois sans incident technique et sans entretien (sauf le nettoyage des panneaux).

- Panneaux : jaunissement dans les coins (sans gravité)



- Décoloration de la couche anti-reflet



8. Structure d'accueil

Les CFJA sont des structures gouvernementales dépendant de la Direction de l'Enseignement Agricole. Ils ont pour but de former des jeunes paysans vivant à proximité des centres, et hébergés pendant la durée de l'enseignement (un an) aux techniques de l'agriculture (mil, coton, maïs, arachide, élevage, maraîchage). Le CFJA de Guétalé regroupe 25 couples de stagiaires et leurs enfants, une dizaine de cadres, soit environ une centaine de personnes.

Les CFJA sont de plus encadrés par une ONG Suisse, l'Union Internationale pour l'Enfance (UIPE) dont le siège est à Genève, qui dépêche 5 coopérants permanents pour la région de Maroua. Les coopérants agissent au niveau de la conception et du chantier des centres en construction et de la gestion des centres existants.

Il existe actuellement 5 centres dans la région de Maroua, plus un en construction (Nguouma), (voir compte rendu ci-après).

L'Union Internationale de Protection de l'Enfance (UIPE) subventionne :

- la construction des centres,
- l'équipement des centres en matériel.

Les frais de fonctionnement sont à la charge du gouvernement camerounais.

La présence de ces coopérants garantit une bonne conception des centres, un bon fini des installations et une gestion saine des centres existants. La partie enseignement incombe au chef de Centre africain qui a suivi une école d'Etat, assisté par M. FAUCHER, coopérant UIPE, conseiller pédagogique.

Les CFJA sont considérés à Maroua comme des réalisations très positives par rapport à d'autres projets initialement pourvus de financements plus importants.

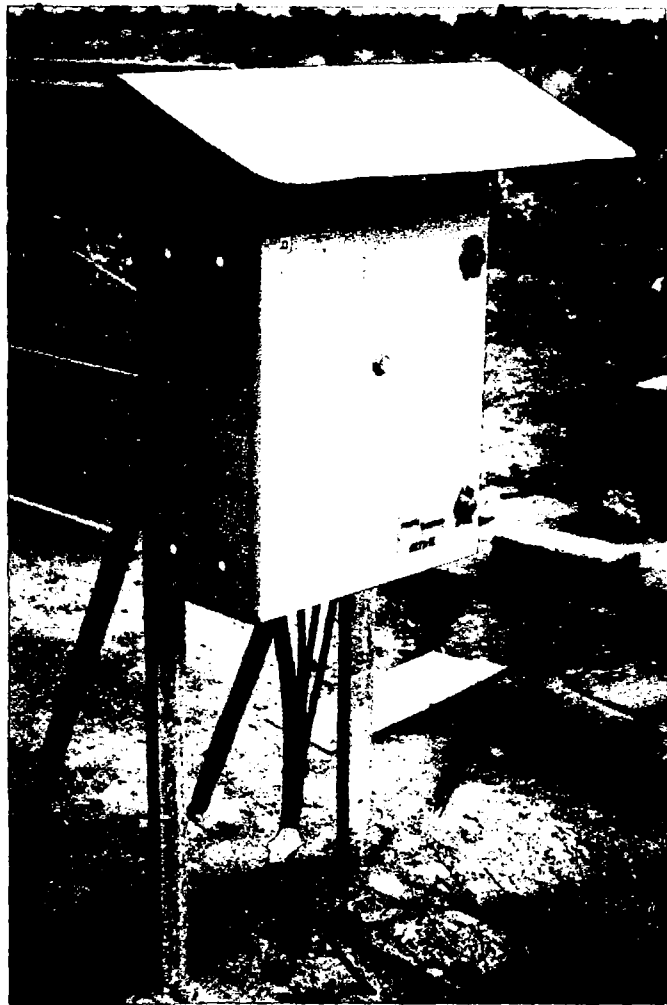
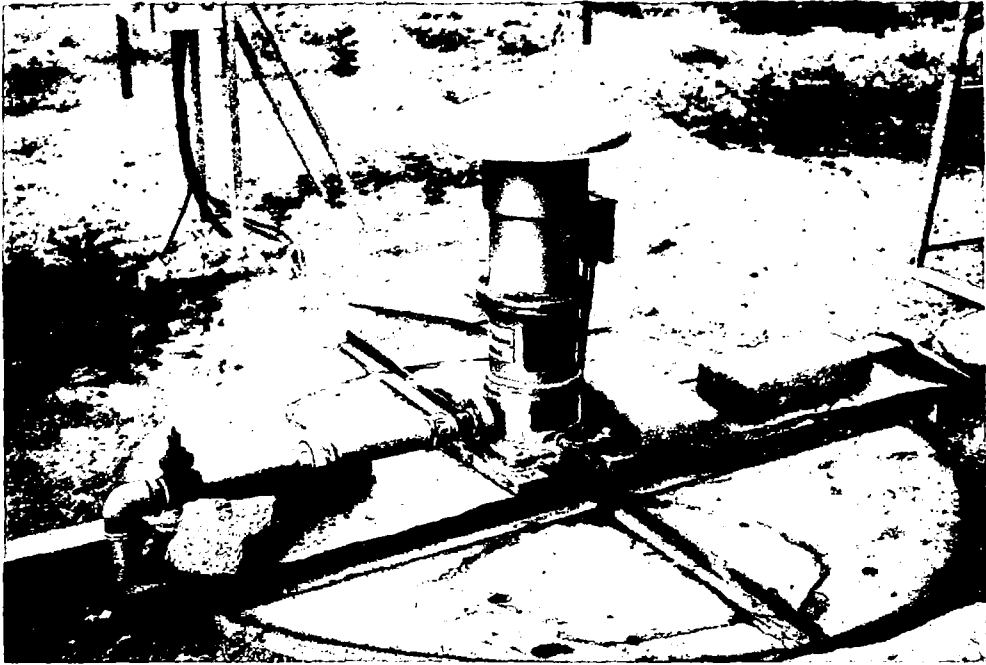
9. Entretien de la pompe

Cet entretien est quasiment (nettoyage des panneaux). Il est assuré par le Chef de Centre qui a seul la clé de l'enceinte, mais n'a pas la clé de l'armoire de commande, ni d'ailleurs d'outillage ou de pièces de rechange.

10. Utilisation de l'eau

L'eau de la pompe alimente :

- un réservoir de 16 m³ qui dessert :
 - . un petit réservoir (3 m³) pour le potager,
 - . un abreuvoir pour les 50 bovins du Centre,
 - . un réservoir (3 m³) et des robinets pour les stagiaires,
 - . la maison du Chef de Centre et celles des cadres,
 - . la sous-préfecture.



11. Adéquation de la pompe aux besoins

- En saison des pluies (juillet-août), l'ensoleillement est excellent après les orages et les besoins en eau sont plus restreints (essentiellement la boisson et l'eau de lavage). La pompe satisfait toujours la demande.
- En première partie de saison sèche (septembre-février), l'ensoleillement est parfois médiocre (décembre-janvier). Le ciel est brumeux et le soleil plus bas sur l'horizon. Par contre, les besoins en boisson et en eau de lavage diminuent nettement en l'absence de forte chaleur. La pompe satisfait toujours la demande.
- En fin de saison sèche (mars à juin), l'ensoleillement excellent permet de meilleurs débits (supérieurs à 16 m³/jours ?), mais les besoins augmentent de façon importante. Par certaines journées de grosse chaleur, un rationnement s'impose.

Au total, la pompe satisfait très convenablement les besoins. Un subtil dimensionnement du diamètre des canalisations permet de réguler les débits et d'éviter le gaspillage.

12. Sécurité des approvisionnements en eau

La pompe, montée sur puits, dans une enceinte fermée, permet une qualité d'eau aussi bonne qu'une pompe montée sur forage (puits hermétiquement clos). En cas de panne, le puisage manuel permettrait de répondre aux besoins, au risque de souiller le puits.

13. Perception de la pompe par le Chef de Centre

Au départ, franchement hostile, à cause du risque associé à un produit nouveau, et favorable au choix d'une motopompe immergée alimentée par groupe diesel, le Chef de Centre est maintenant "tout à fait satisfait" de cette pompe sans entretien et sans coût de fonctionnement, d'autant plus que cette pompe rehausse sa position (nombreuses visites d'étrangers, Américains notamment, et de Camerounais).

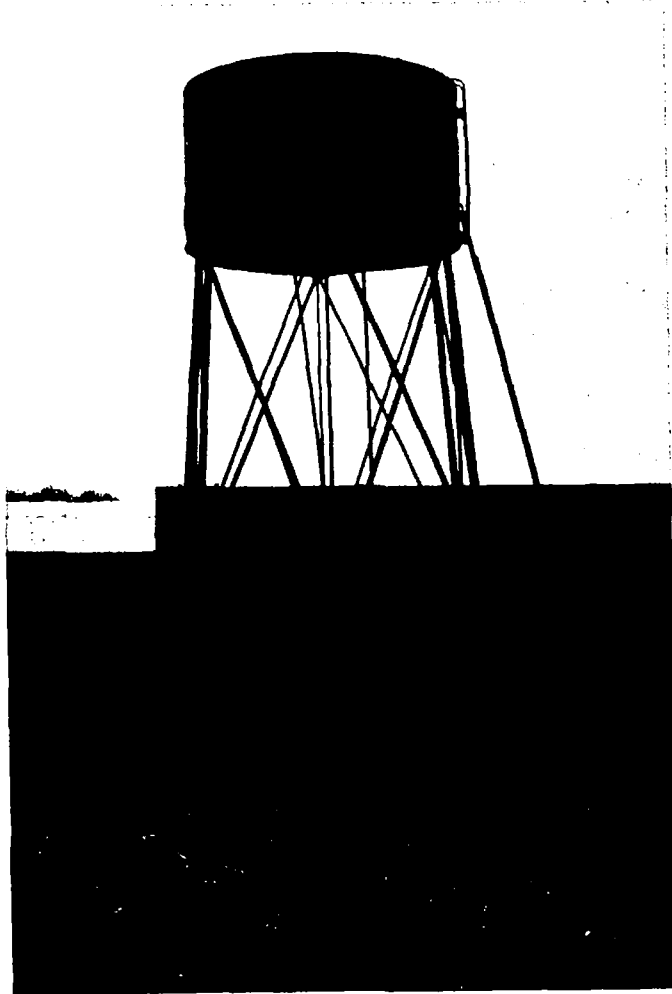
Il déplore par contre son manque total de formation, mais n'aurait pas manifesté d'intérêt lors du montage.

14. Perception par la population

Les stagiaires sont seulement sensibles à la régularité des approvisionnements en eau. La pompe, un peu excentrée, n'éveille pas, ou plus, leur curiosité, même quand un technicien vient faire des mesures (les premières depuis le montage de la pompe).

Par contre, le facteur "solaire" est psychologiquement bien accepté (énergie "gratuite", indépendance énergétique, côté "magique"). Ici, la comparaison avec le diesel est faussée dans la mesure où l'alternative de départ pour le CFJA était :

- une pompe solaire donnée par la Coopération Française,
- un groupe motopompe + moteur diesel donné par l'UIPE, si le CFJA pouvait faire la preuve qu'il possédait la somme de deux ans de coût de fonctionnement et d'entretien.



. Château d'eau (16 m³)

15. Dépannage en cas d'incident

Rien n'est prévu actuellement. Le Comité de Coordination et d'Appui des CFJA ferait appel à GUINARD FRANCE.

16. Remarques

- Caractère soigné de cette installation GUINARD. La simplification maximale de chaque élément et la clarté de l'ensemble sont très appréciables.
- Excellent impact dans le Nord Cameroun, où tout le monde connaît cette réalisation. Très bonne publicité pour le photovoltaïque et pour la technologie française.
- Très bon dimensionnement : adaptation générateur-charge-réservoir-besoin en eau-capacité du puits.
- Manque total de formation du Chef de Centre.

17. Conclusions

Cette expérience est un succès dans la mesure :

- où la pompe fonctionne sans problème technique et sans entretien depuis 14 mois;
- l'eau pompée est utile et satisfait correctement les besoins de la structure d'accueil;
- la structure d'accueil fait partie d'un programme national d'excellente réputation soutenu par la coopération efficace d'une ONG;
- cette réalisation, facilement accessible de Maroua (1h30 de route), joue le rôle de vitrine de la technologie française en photovoltaïque.

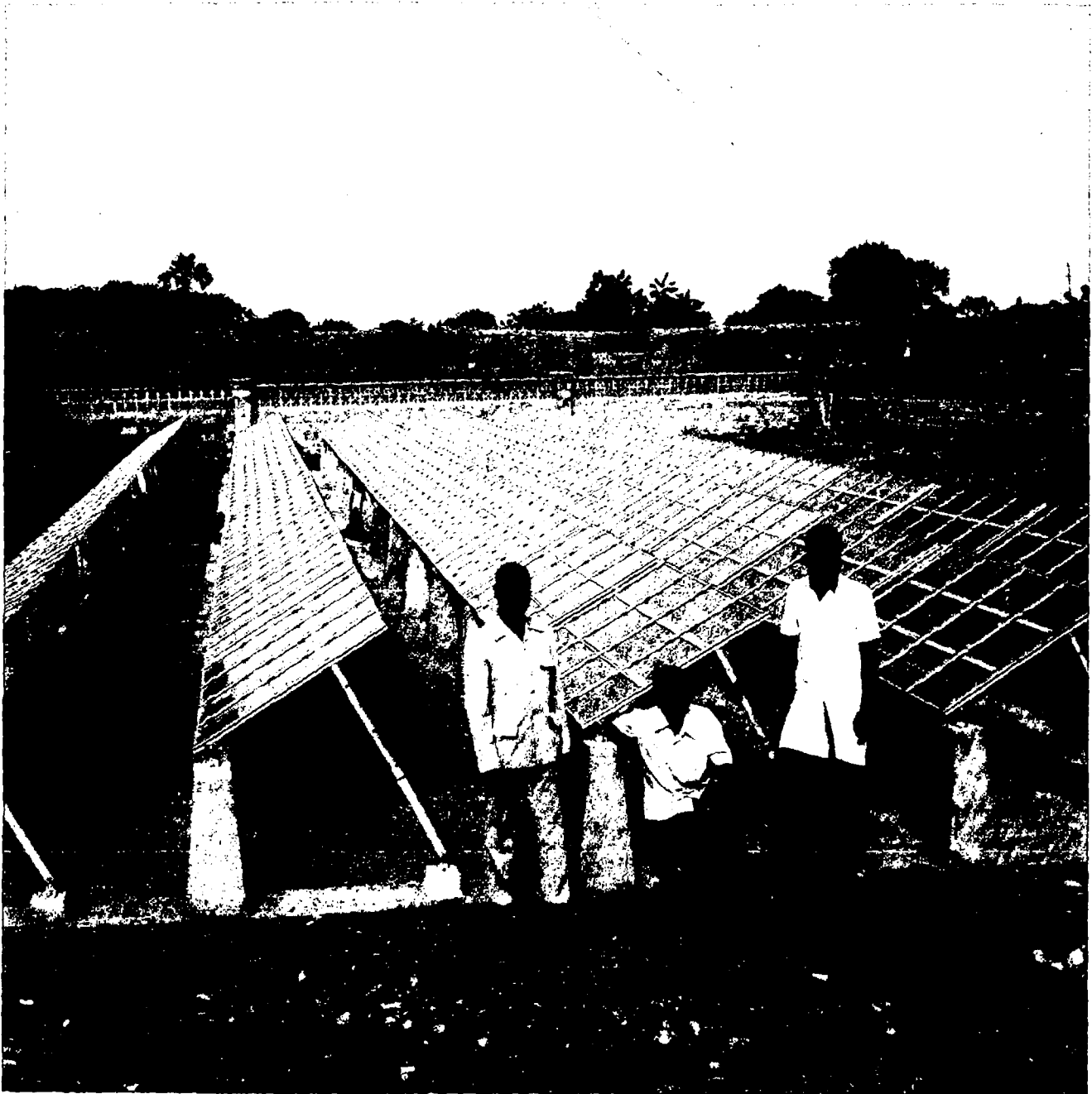
C - CENTRALE ELECTRIQUE PHOTOVOLTAIQUE

L'HÔPITAL DE SAN-MALI

ÉCLAIRAGE - VENTILATION - POMPAGE

ALIMENTATION DE MATÉRIEL MÉDICAL

GENERATEUR PHOTOVOLTAIQUE DE L'HOPITAL DE SAN (MALI).



Vue partielle du générateur de 8,5 kW crête réalisé par GUINARD
(modules RTC - BP x 47 A).

Exemple N° 1	GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAIQUE DE L'HOPITAL DE SAN - MALI
Compte rendu de visite le 19 Juin 1980	

1. Localisation - Structure d'accueil

SAN est une sous-préfecture à 400 Km à l'est de Bamako. L'hôpital de SAN, seul dans la région, a été choisi pour cette première réalisation compte tenu de la qualité de la structure d'accueil et du support apporté par MALI AQUA VIVA.

2. Utilisations du générateur

a)- Alimentation des appareils du bloc opératoire actuel :

- . bistouri électrique,
- . scialytique,
- . poupinel,
- . aspirateur liquide,
- . stérilisateurs,
- . bouilloires,
- . conditionneur d'air,
- . radioscopie.

b)- Eclairage et ventilation des autres bâtiments de l'hôpital (à temps partiel).

c)- En projet : le générateur a été dimensionné pour alimenter en outre :

- . un nouveau bloc opératoire (en construction),
- . un cabinet dentaire,
- . un cabinet d'ophtalmologie.

d)- Pompage : une pompe fournit l'eau à l'ensemble de l'hôpital.

3. Caractéristiques essentielles

L'installation fournie et montée par GUINARD (LEROY SOMER) comporte principalement :

- un générateur de 8.580 watts crêtes, modules RTC, BPX 47A, répartis en 5 groupes de 1.716 Wc;
- une batterie OLDHAM 120 V, 500 AH;
- un onduleur LRCE 220 V alternatif 4 KVA;
- une armoire de contrôle;
- une pompe GUINARD ALTAX.

Le schéma électrique de cet ensemble est présenté ci-après.

GENERATEUR ENERGIE ELECTRIQUE SAN (GUINARD)
MESURES DU RENDEMENT DU GENERATEUR ET DE LA CHARGE DES BATTERIES

Date d'essai : 19 juin 1980
 Réalisé par : J.P. MEHR - G. OLIVIER - M. DIARA

Heure	Ensoleillement μ/m^2		Température °C		Générateur			Rendement générateur %	Batterie (charge)			OBSERVATIONS
	Global	Diffus	Panneaux (surface)	Ombre	V	I	P		V	I	P	
08.00	183	183	31	29,5	25,7	10,0	257	10,4	25,7	10,0	257	Ciel entièrement couvert. apparition du soleil ciel dégagé. mesures sur 156 modules BPX 47A Densité électrolyte : 10.30 : 1,165 12.00 : 1,166 13.30 : 1,167 15.30 : 1,168 17.30 : 1,170 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> Rendement moyen générateur sur la journée = 9,5 % </div> Ce rendement prend en compte toutes les pertes dues aux diodes, aux câbles, aux déséquilibres entre branches, à la saleté des modules etc. Ce résultat est très positif.
08.30	348	183	33	30	26,0	19,0	494	10,5	26,0	19,0	494	
08.45	454	184	35	30	25,9	23,5	609	9,7	25,8	23,0	593	
09.15	615	184	38	31	26,3	30,0	789	9,5	26,2	30,0	786	
09.30	660	191	40	31	26,2	31,5	825	9,2	26,0	31,5	819	
10.00	720	213	42,5	32	26,2	35,0	917	9,3	26,0	35,0	910	
10.30	791	227	46	33	26,2	37,5	983	9,2	26,0	38,0	988	
11.00	855	220	48	33	26,3	39,5	1039	9,0	26,2	40,0	1048	
11.30	901	220	48	33	26,9	44,0	1183	9,7	26,1	45,0	1175	
12.00	915	213	48	33	26,5	45,0	1193	9,6	26,1	45,0	1175	
12.30	915	220	48	33	27,0	40,0	1080	8,7	26,5	40,0	1060	
13.00	888	241	48,5	34	27,2	39,7	1080	9,0	26,7	40,0	1068	
13.30	844	255	46	35,5	27,2	38,3	1042	9,1	26,8	38,0	1018	
14.00	811	241	47	35	27,2	36,0	979	8,9	26,8	36,0	965	
14.30	723	230	47	35,5	26,8	33,4	895	9,1	26,5	33,8	895	
15.00	496	200	46,5	35	26,2	25,0	655	9,8	26,3	25,0	657	
15.30	420	200	44,5	34	26,5	19,0	504	8,9	26,5	19,0	504	
15.45	592	220	44,5	34	27,1	28,5	772	9,6	26,7	28,2	753	
16.15	447	223	44	34	27,0	23,0	621	10,3	26,5	21,0	557	
16.30	410	140	44	34	27,2	20,5	558	10,1	26,7	19,5	521	
17.00	310	100	40	34	27,0	14,0	378	9,0	26,5	13,0	345	
17.30	100	92	37,5	34	26,0	5,0	130	9,6	26,0	5,0	130	

4. Financement

Le projet d'un coût de 1.350.000 FF a été financé par le Ministère de la Coopération et le COMES dans le cadre du programme SAHEL Energies Nouvelles.

5. Bilan du service rendu

Le générateur solaire fournit depuis décembre 1979 la totalité de l'énergie électrique répondant aux besoins de l'hôpital (appareils médicaux, éclairage, ventilation), ainsi que l'énergie nécessaire au pompage de l'eau consommée par l'hôpital.

Ceci correspond à une demande moyenne de 20 KWh/jour^(*), répartie entre 12 heures de bloc opératoire par semaine et 7 heures d'éclairage par nuit. Plus de 500 interventions chirurgicales ont été facilitées par cette installation.

Les utilisateurs apprécient unanimement cette installation, regrettant seulement que celle-ci ne soit pas plus puissante pour assurer un service pour l'éclairage et la ventilation des malades.

A noter que le réseau de distribution actuel, non optimisé, est à l'origine d'importantes pertes et que la réorganisation du réseau en deux réseaux, l'un en courant continu (éclairage fluorescent, ventilateurs), l'autre en courant alternatif permettrait d'éviter des pertes importantes allongeant ainsi la durée du service.

6. Fiabilité

La fiabilité sur 15 mois a été très bonne, puisque la durée totale des pannes a été inférieure à 30 heures.

Les pannes, d'importance mineure, ont concerné des relais (effet de la foudre) et des fusibles de batterie légèrement sous-dimensionnés.

La pompe, elle, a eu une seule panne, d'une journée, rupture de clavette; l'alimentation en eau de l'hôpital n'a jamais été interrompue

7. Entretien

L'entretien a été effectué par une équipe de MALI AQUA VIVA comprenant un ingénieur VSN et un technicien malien; ceux-ci s'occupent de la maintenance de toutes les pompes solaires installées par MALI AQUA VIVA; l'entretien réel sur cette période de 15 mois a donc été exceptionnellement réduit.

8. Evaluation technique

Au bout de 18 mois de fonctionnement, les performances techniques de l'installation sont satisfaisantes, comme l'ont démontré deux séries de

(*) sous forme de courant alternatif 220 V.

GENERATEUR ENERGIE ELECTRIQUE SAN (GUINARD)
MESURES DU RENDEMENT DU GENERATEUR ET DE LA CHARGE DES BATTERIES

Date d'essai : 19 juin 1980

Réalisé par : J.P. MEHR - G. OLIVIER - M. DIARA

Heure	Ensoleillement W/m ²		Température °C		Générateur			Rendement générateur %	Batterie(charge)			OBSERVATIONS
	Global	Diffus	Panneaux (surface)	Ombre	V	I	P		V	I	P	
08.00	183	183	31	29,5	25,7	10,0	257	10,4	25,7	10,0	257	Ciel entièrement couvert. apparition du soleil ciel dégagé. mesures sur 156 modules BPX 47A Densité électrolyte : 10.30 : 1,165 12.00 : 1,166 13.30 : 1,167 15.30 : 1,168 17.30 : 1,170 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">Rendement moyen générateur sur la journée = 9,5 %</div> Ce rendement prend en compte toutes les pertes dues aux diodes, aux câbles, aux déséquilibres entre branches, à la saleté des modules etc. Ce résultat est très positif.
08.30	348	183	33	30	26,0	19,0	494	10,5	26,0	19,0	494	
08.45	454	184	35	30	25,9	23,5	609	9,7	25,8	23,0	593	
09.15	615	184	38	31	26,3	30,0	789	9,5	26,2	30,0	786	
09.30	660	191	40	31	26,2	31,5	825	9,2	26,0	31,5	819	
10.00	720	213	42,5	32	26,2	35,0	917	9,3	26,0	35,0	910	
10.30	791	227	46	33	26,2	37,5	983	9,2	26,0	38,0	988	
11.00	855	220	48	33	26,3	39,5	1039	9,0	26,2	40,0	1048	
11.30	901	220	48	33	26,9	44,0	1183	9,7	26,1	45,0	1175	
12.00	915	213	48	33	26,5	45,0	1193	9,6	26,1	45,0	1175	
12.30	915	220	48	33	27,0	40,0	1080	8,7	26,5	40,0	1060	
13.00	888	241	48,5	34	27,2	39,7	1080	9,0	26,7	40,0	1068	
13.30	844	255	46	35,5	27,2	38,3	1042	9,1	26,8	38,0	1018	
14.00	811	241	47	35	27,2	36,0	979	8,9	26,8	36,0	965	
14.30	723	230	47	35,5	26,8	33,4	895	9,1	26,5	33,8	895	
15.00	496	200	46,5	35	26,2	25,0	655	9,8	26,3	25,0	657	
15.30	420	200	44,5	34	26,5	19,0	504	8,9	26,5	19,0	504	
15.45	592	220	44,5	34	27,1	28,5	772	9,6	26,7	28,2	753	
16.15	447	223	44	34	27,0	23,0	621	10,3	26,5	21,0	557	
16.30	410	140	44	34	27,2	20,5	558	10,1	26,7	19,5	521	
17.00	310	100	40	34	27,0	14,0	378	9,0	26,5	13,0	345	
17.30	100	92	37,5	34	26,0	5,0	130	9,6	26,0	5,0	130	

GENERATEUR ENERGIE ELECTRIQUE SAN (GUIHARD)
MESURES DE RENDEMENT DU GENERATEUR

Date d'essai : 13 et 14 janvier 1981
Mesures : G. OLIVIER

Heure	Ensoleillement W/m ²	Température °C ambiante	Tension V	Intensité A	Puissance W	Rendement générateur surface active : 13,534 m ² pour 1/5
09.00	490	-	27,0	23,3	629	9,5 %
09.30	504	-	27,0	27,5	743	10,9 %
10.00	647	-	27,0	31,5	851	9,7 %
10.30	719	37°C	27,5	35,0	945	9,7
11.00	755	37°C	28,0	37,5	1050	10,3
11.30	791	-	28,0	41,5	1162	10,9
12.00	791	41,5°C	28,5	41,3	1177	11,0
12.30	827	-	28,5	40,0	1140	10,2
13.00	791	44,5°C	29,8	38,3	1141	10,7
13.30	784	-	28,8	37,3	1074	10,1
14.00	715	45°C	30,0	31,0	930	9,6
14.30	547	-	30,0	25,5	765	10,3
15.00	539	44°C	31,5	20,3	638	8,7
15.30	396	-	30,0	15,5	465	8,7
16.00	287	37°C	28,5	11,0	313	8,1
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Rendement moyen du générateur = 9,9 %</div> <u>résultat très bon</u>						
12.00	705	33,5°C	28,0	41,0	1148	12,0
12.30	863	-	28,0	40,8	1142	9,8
13.00	720	33,5°C	29,0	36,9	1070	11,0
13.30	683	-	32,0	32,5	1040	11,3
14.00	575	34,0°C	30,0	30,3	909	11,7
14.30	360	-	28,5	21,0	600	12,3
15.00	431	31,5°C	32,0	18,8	602	10,3
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Rendement moyen du générateur = 11,2</div> <u>résultat excellent</u>						

13 janvier 1981

14 janvier 1981

GENERATEUR ENERGIE ELECTRIQUE SAN
 MESURES DE DECHARGE DES BATTERIES
 RENDEMENT ONDULEUR

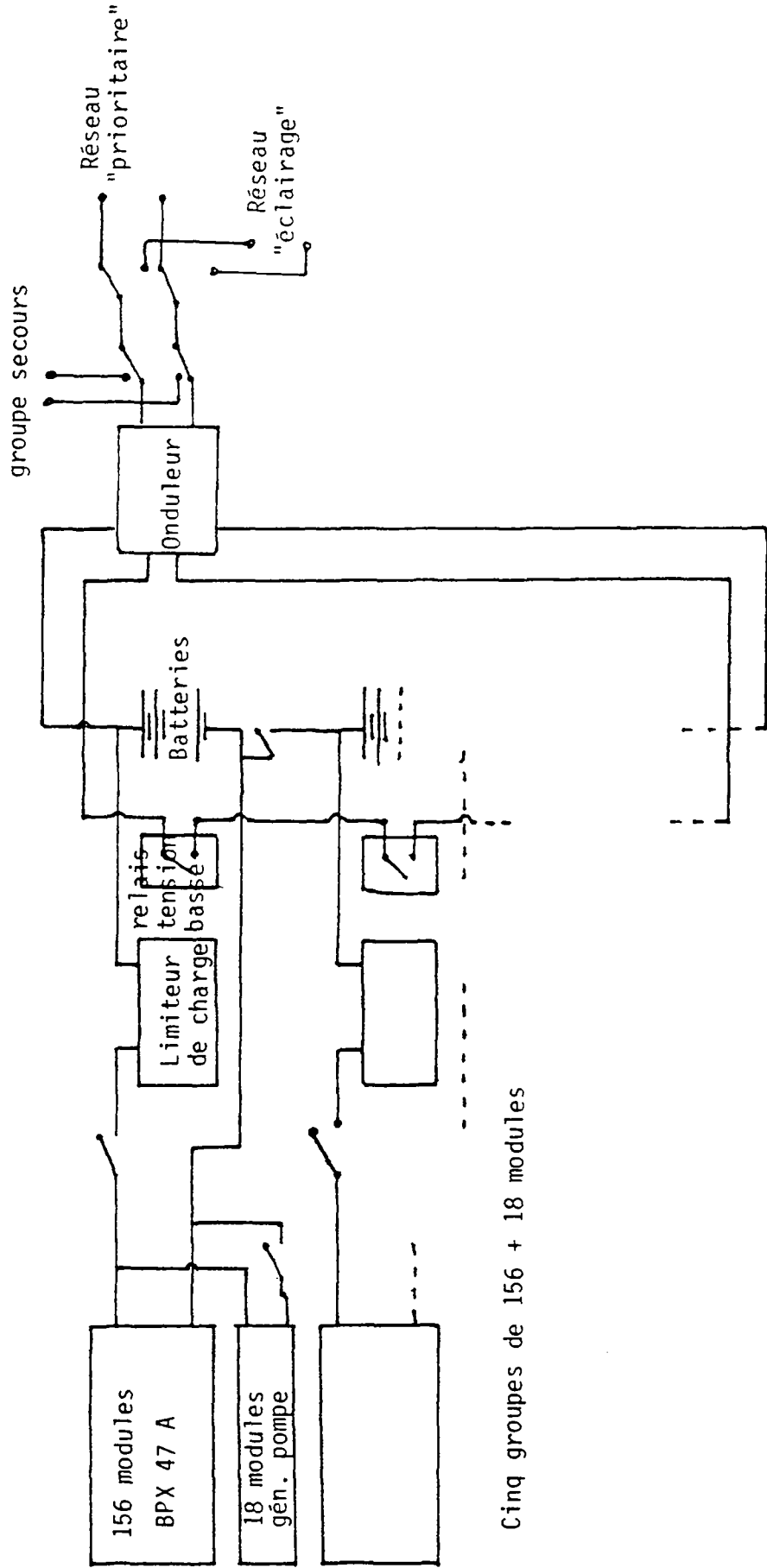
Date d'essai: 19 juin 1980

Réalisé par : J.P. MEIR - G. OLIVIER - M. DIARA

Heures	(charge)				Ensemble 5 batteries				Alternatif				VI ≈	cos φ	Rendement onduleur $\frac{VI \approx}{VI \equiv}$	OBSERVATIONS
	Batterie n°		P		V	I	P	Energie	V	I	P	Energie				
	V	I	A	W												
08.40	25,5	24,0	135	19,0	2565	220	10,0	1550	2200	0,70	0,86					
09.15	26,2	30,0	136	10,0	1360	220	4,0	600	880	0,68	0,65					
09.30	26,0	31,5	137	10,0	1370	220	4,0	600	880	0,68	0,64					
10.00	26,0	35,0	136	19,5	2652	220	10,0	1950	2200	0,89	0,83					
10.30	26,0	38,0	137	21,0	2877	230	10,8	2000	2484	0,81	0,86					
11.00	26,2	40,0	138	22,0	3036	230	11,0	2250	2530	0,89	0,83					
11.30	26,1	45,0	139	22,0	3058	230	11,0	2250	2530	0,89	0,83					
12.00	26,1	45,0	139	21,0	2919	230	10,5	2150	2415	0,89	0,83					
12.30	26,5	40,0	140	11,0	1540	230	4,5	850	1035	0,82	0,67					
13.00	26,7	40,0	140	16,0	2240	223	8,8	1500	1962	0,76	0,88					
13.30	26,8	38,0	140	15,0	2100	225	8,0	1400	1800	0,78	0,86					
14.00	26,8	36,0	141	15,0	2115	225	8,0	1400	1800	0,78	0,85					
14.30	26,5	33,8	140	13,8	1932	223	6,8	1225	1516	0,81	0,78					
15.00	26,3	25,0	140	10,5	1470	223	4,9	850	1092	0,78	0,74					
15.30	26,5	19,0	140	10,5	1470	223	4,9	850	1092	0,78	0,74					
15.45	26,7	28,2	140	11,0	1540	225	5,0	850	1125	0,76	0,73					

mise en route circuit prioritaires
 appareils médicaux en cours d'utilisation
 fin opération
 circuit éclairage
 circuit prioritaire sans utilisation appareils médicaux

Figure - HOPITAL DE SAN - SCHEMA GENERAL DE L'INSTALLATION ACTUELLE



Cinq groupes de 156 + 18 modules

mesures détaillées réalisées par SEMA et l'ingénieur affecté au projet (M. Olivier), les 19-21 juin 1980 et 13-14 janvier 1981, complétées par un certain nombre de relevés journaliers.

a)- Générateur photovoltaïque :

- Etat des modules : très bon, léger jaunissement initial des coins, dû à l'utilisation de taquets synthétiques inadaptés, leur remplacement a supprimé ce phénomène. Problème de salissure par les fientes d'oiseaux imposant des nettoyages fréquents.
- Rendement du générateur : le rendement moyen du générateur est proche de 10% (voir tableaux joints), ceci est un très bon résultat si l'on tient compte de la taille du générateur, de l'ensemble des pertes (câbles, diodes, boîtes de jonction etc...) et des températures élevées existantes.

b)- Limiteurs de charge : Ces équipements ont bien fonctionné, assurant correctement la protection des batteries (tensions de consignes correctes).

c)- Batteries : Aucun problème rencontré; les densités mesurées étaient normales, le niveau d'eau est passé du maxi au mini en 13 mois, ce qui traduit de bonnes conditions de charge.

Le rendement de ces batteries est évalué à 75-80%.

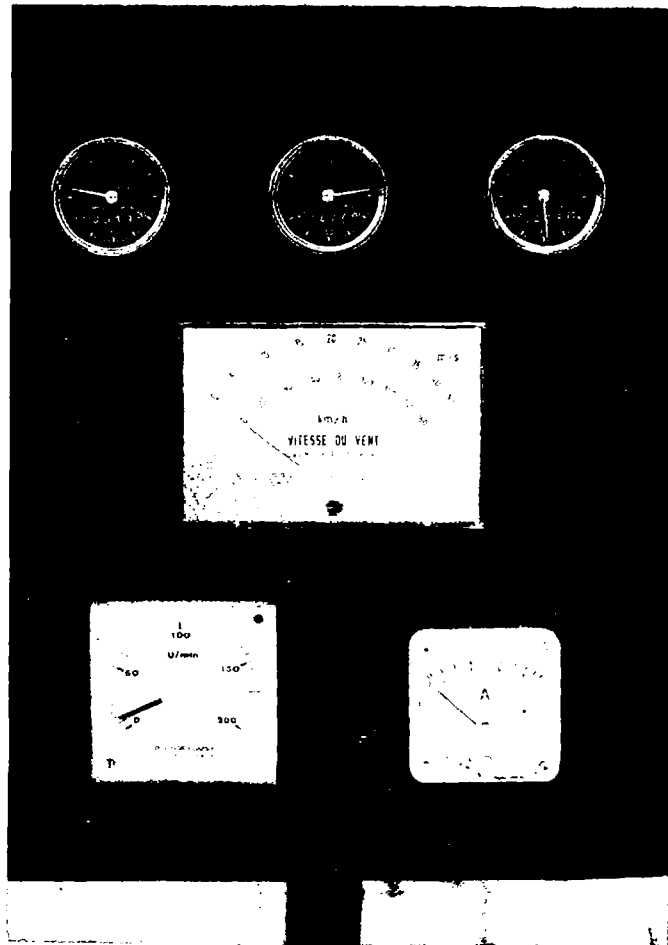
d)- Onduleur : Aucun problème n'a été rencontré jusqu'ici. Les rendements mesurés de l'onduleur correspondent sensiblement aux valeurs nominales; on a ainsi relevé 85% pour 2,7 KW. La tension de sortie reste stable lorsque la puissance appelée varie.

°
° °

L'ensemble des résultats présentés ci-dessus, étayés par les quelques tableaux de mesures suivants, confirme les excellentes performances de cette première réalisation.

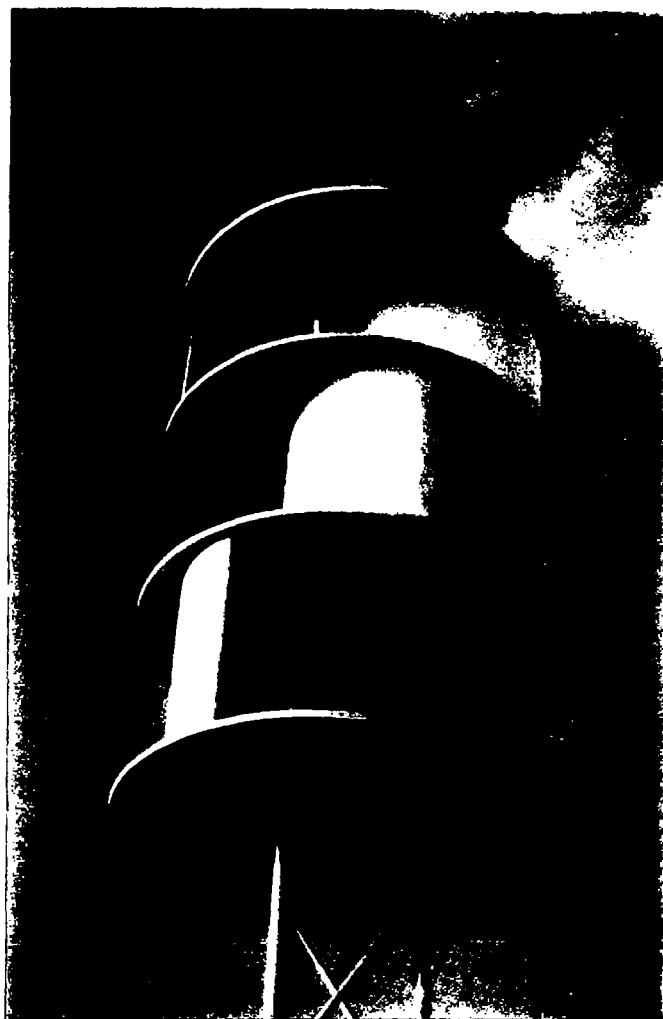
D - E O L I E N N E S

PRÉSENTATION ET ÉVALUATION DE
PLUSIEURS REALISATIONS

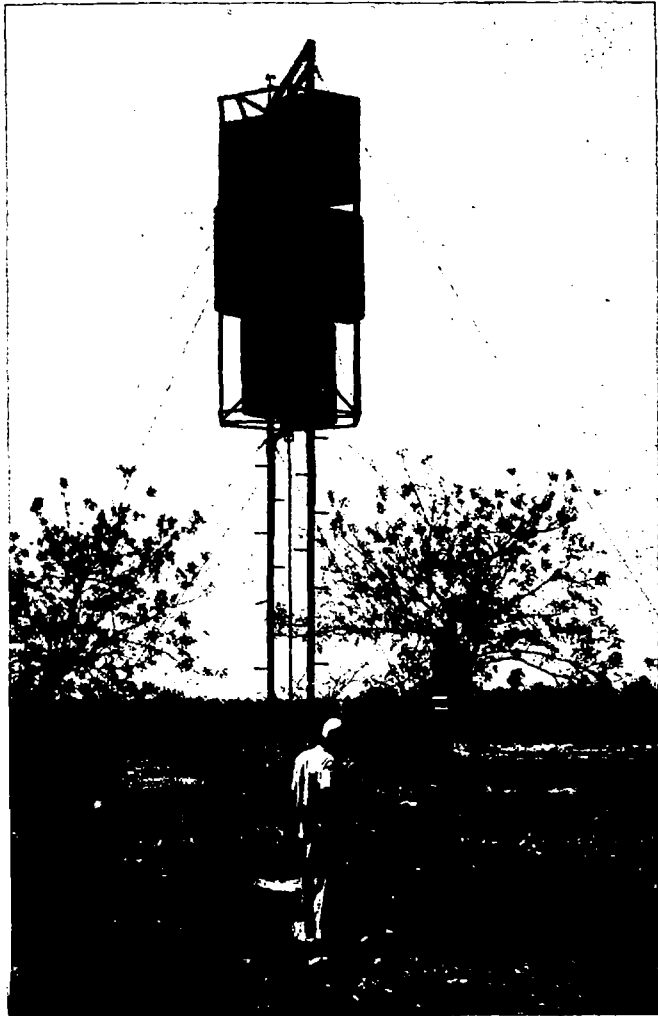


• Mesure du potentiel éolien

Exemple N° 1	EOLIENNE SAVONIUS DE L'E.I.E.R. OUAGADOUGOU - HAUTE-VOLTA
Compte rendu de visite Mars 1981	
<u>Localisation</u> Ecole Inter-Etats de l'Equipement Rural (E.I.E.R.) à Ouagadougou.	



. Rotor



• Presse alimentant une pompe VERGNET



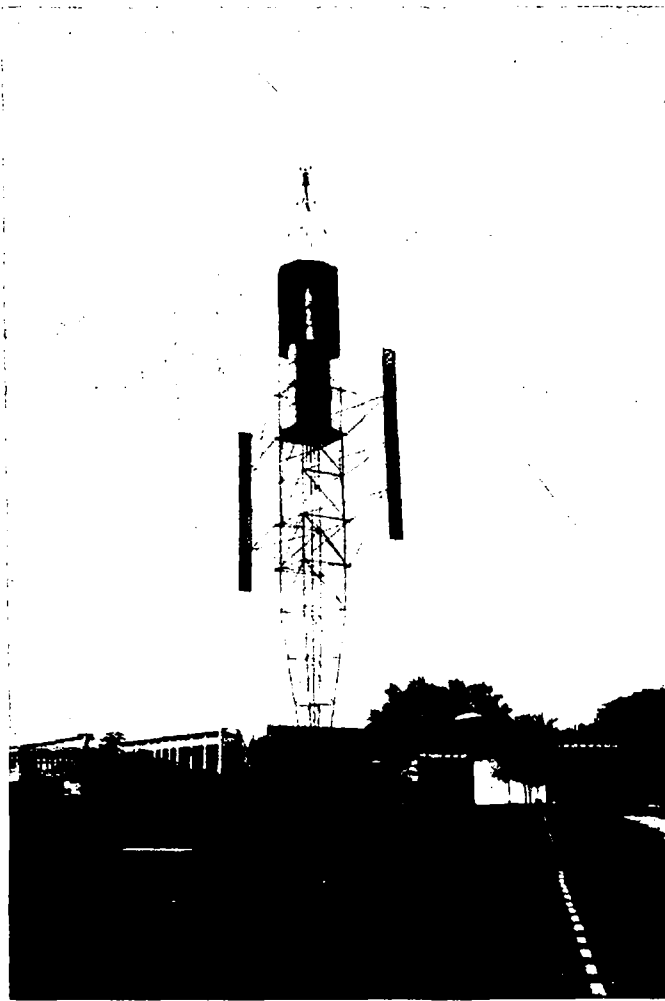
Exemple N° 2	
D'après rapport d'évaluation EIER	EOLIENNE SAVONIUS E.I.E.R. DE DORI - HAUTE-VOLTA
<p>Cette éolienne installée depuis 3 ans dans le Nord de la Haute-Volta par l'EIER a donné des résultats intéressants. Nous donnons ci-après un extrait du rapport d'évaluation établi par B. GIRAUD de l'EIER.</p> <p style="text-align: center;"><u>Expérimentation Energie Eolienne - E.I.E.R.</u></p> <p>L'E.I.E.R. procède depuis le mois de février 1978 à l'expérimentation d'une éolienne type SAVONIUS, construite par l'école, à DORI.</p> <p>Cette étude avait pour but de déterminer d'une part la fiabilité de ce genre d'éolienne dans une zone où les contraintes naturelles sont très dures, et d'autre part la possibilité d'utilisation pour l'exhaure de l'eau dans un cadre villageois.</p> <p>Ce prototype, de dimension modeste, après deux ans de fonctionnement, nous donne les conclusions suivantes :</p> <p><u>Caractéristiques de l'éolienne :</u></p> <ul style="list-style-type: none">- diamètre rotor : 1,60 m- hauteur rotor : 3,00 m- hauteur totale : 8,00 m- pompe VERNET, modifiée par l'EIER, immergée à 22 m- niveau statique du forage : 13 m- débit maximum du forage : 250 à 300 l/h avec rabattement de 9 m. <p><u>Résultats enregistrés :</u></p> <ul style="list-style-type: none">- débit moyen journalier sur une période d'un an : 1.419 l/jour- maximum journalier enregistré : 5.500 litres- nombre de jours où le débit est inférieur à 33% de la moyenne journalière annuelle ($\frac{1.419 \times 67}{100} = 946$ l.) : 11 jours- moyenne pendant cette période sous-ventée : 400 litres. <p>D'autre part, l'EIER a conçu et installé sur le site une station de mesure, dont le but est de déterminer le potentiel éolien du lieu. Après un an de fonctionnement, on a enregistré :</p> <ul style="list-style-type: none">- 4.500 heures où la vitesse du vent est supérieure à 3 m/s- 3.000 heures où la vitesse du vent est supérieure à 5 m/s- 1.000 heures où la vitesse du vent est supérieure à 7 m/s <p>Les trois seuils 3 m/s, 5 m/s et 7 m/s correspondent à différents régimes de fonctionnement :</p> <ul style="list-style-type: none">- 3 m/s correspondant au démarrage du rotor,- 5 m/s correspondant au plein fonctionnement,	

- 7 m/s correspondant au début de fonctionnement,

d'un rotor DARRIEUS qui, adjoint au rotor SAVONIUS, augmente sa puissance d'environ 400%:

Tous les résultats enregistrés indiquent que ce genre d'éolienne, d'un prix de revient faible, peut être utilisé en exhaure villageoise, accompagné d'une réserve d'eau permettant la jonction pendant les périodes sous-ventées.





Exemple N° 3	EOLIENNE SAVONIUS
D'après documentation SINAES	I.U.T./SINAES SENEGAL

Depuis 1975, quatre types d'éoliennes ont été construits à l'IUT de Dakar :

- 1ère génération : 2 augets (4 demi fûts de 200 litres)
structure fixe
surface utile : 1,9 m²
puissance max. \sim 200 W pour V = 6 m/s
- 2ème génération SP4 : 4 augets, hauteur totale 9 m
structure tournante
surface utile : 8,3 m²
puissance max. \sim 430 W pour V = 7 m/s
- 3ème génération BM3 : 2 augets, hauteur 20 m
structure tournante
surface utile : 22,4 m²
puissance max. théorique : 1.150 W pour V = 7 m/s
- 4ème génération BM4 : éolienne mixte SAVONIUS (type BM3) + DARRIEUS
structure tournante
hauteur 30 m

Des éoliennes de 1ère et 2ème génération, après expérimentation à l'IUT, ont été installées en brousse.

Le prototype BM3 a fait l'objet d'une expérimentation de deux mois à l'IUT.

Le prototype BM4 n'a pas encore été dressé (septembre 1980).

Performances

Nous n'avons pu visiter nous-même ces éoliennes sur le terrain, un rapport de septembre 1980 donne les résultats suivants :

- SAVONIUS de 1ère génération : un seul exemplaire a été construit. Actuellement cette machine est installée à SAO, couplée par l'intermédiaire d'un réducteur à chaîne (rapport 1/7) à une hydropompe VERGNET.

Le fonctionnement, peu fiable, a nécessité de fréquentes interventions. Il s'agit la plupart du temps de problèmes mécaniques : roulements, chaîne.

De plus, les performances sont modestes : une vingtaine de watts hydrauliques pour un vent de 5 m/s.

- SAVONIUS de 2ème génération (SP4) : Cinq éoliennes SP4 ont été construites, deux par l'IUT, trois par un atelier de construction métallique à Thiès (S.C.M.T.) pour le compte de la SINAES.

Quatre de ces machines ont été installées en brousse. Chaque machine est couplée à une hydropompe VERGNET par l'intermédiaire d'une bielle manivelle et d'une presse (cylindre-piston).

KEUR BAKAR (avril 1979) - financement FAC : éolienne située au centre du village, déventée par l'arbre Totem. Les quantités d'eau pompées sont faibles. Reste opérationnelle.

DIAGLE (janvier 1978) - financement FAC : après avoir fonctionné dans des conditions difficiles et nécessité de nombreuses interventions, l'éolienne a été détruite par une tornade en juillet 1979 et n'a pas encore été remplacée.

MBIDIEM MOURIDE (juin 1979) - financement FAC : il semble que le fonctionnement soit correct.

MBODIENE (avril 1979) - financement USAID : détruite par violent orage en juillet 1979, remontée en janvier 1980. Fonctionnement correct jusqu'à juillet 1980, date à laquelle elle a été descendue car elle était désaxée à la suite de l'usure d'un roulement.

Commentaires SEMA :

Ces résultats, partiellement décevants, ne signifient pas que la technologie utilisée soit inadaptée mais qu'un effort de recherche appliquée est encore nécessaire avant sa plus large diffusion en brousse dans un environnement très difficile. Le couplage avec une pompe VERGNET reste une approche intéressante suivie aussi par l'E.I.E.R. en Haute-Volta.

ELEMENTS DE REFLEXION

Les éoliennes SAVONIUS sont l'objet d'importants espoirs compte tenu de leurs qualités intrinsèques (valorisation de faibles ventes, rusticité, possibilité de fabrication locale, etc...).

Leur fiabilité n'a pas encore été totalement démontrée à l'heure actuelle, même si les progrès accomplis sont nombreux et permettent un certain optimisme.

La question importante est de savoir si l'éolienne SAVONIUS est plus intéressante que l'éolienne multipale traditionnelle en termes de :

- performances,
- fiabilité,
- coût d'investissement,
- coût d'entretien,
- facilité de fabrication locale,
- etc...

La réponse à cette question ne paraît pas évidente a priori, l'éolienne multipale disposant encore de solides atouts...

Il est possible que chacune ait des domaines privilégiés d'intervention en fonction des débits attendus, des HMT, du régime locale des ventes etc... Une analyse comparative plus approfondie serait intéressante.

E - FERMENTATION METHANIQUE-BIOGAS

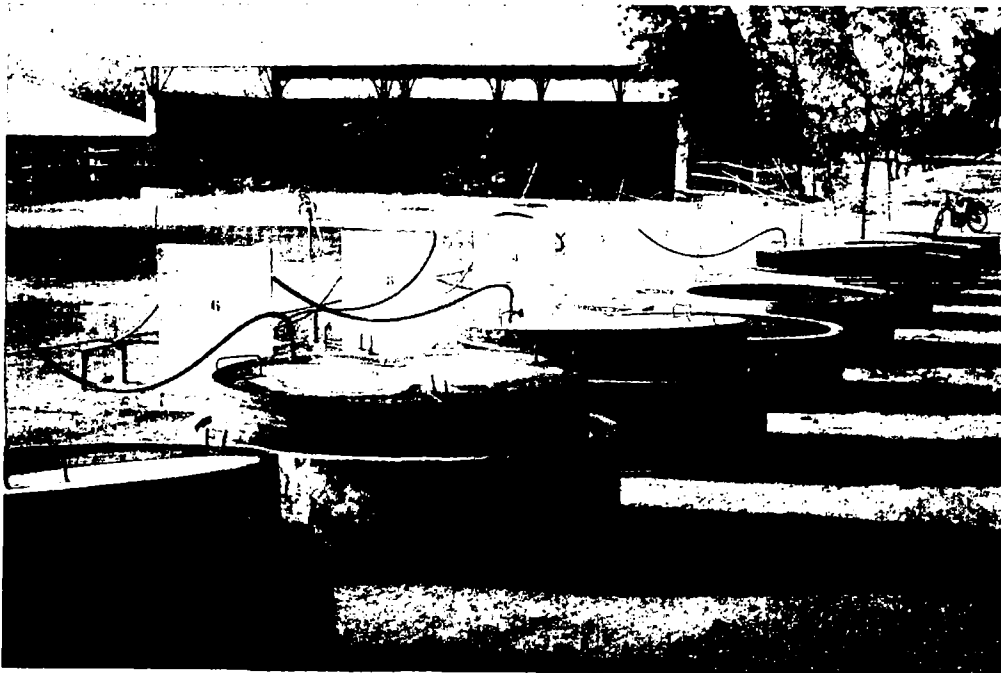
PRÉSENTATION ET ÉVALUATION D'UN
CERTAIN NOMBRE DE RÉALISATIONS

I N T R O D U C T I O N

Beaucoup de gens placent des espoirs importants sur la fermentation méthanique comme une solution prometteuse, facilement adaptable au niveau rural, apportant une réponse intéressante aux problèmes énergétiques (cuisson, entraînement de moteurs, pompes, etc...) et agricoles (fertilisation par le compost).

L'analyse des exemples ci-après permettra d'avoir une appréciation plus claire des atouts et handicaps propres à cette technologie.

Une brève conclusion essaiera de dégager les résultats essentiels de cette évaluation.



. Diges teurs



. Paille de sorgho

Exemple N° 1	LE PROGRAMME DE RECHERCHE APPLIQUEE DU C.I.E.H. HAUTE-VOLTA
Compte rendu de visite Mars 1981	

1. Contexte du programme C.I.E.H.

Le Centre Inter-Etats d'Etudes Hydrauliques (C.I.E.H.), en collaboration avec la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (D.G.R.S.T.), l'Institut de Recherche Agronomique Tropicale (I.R.A.T.), le COMES, l'AIDR et d'autres Institutions, a conduit depuis 1976 un important programme de recherche appliquée sur le biogaz; ses travaux, menés avec rigueur, sont à l'origine de la plupart des projets en cours de réalisation sur le terrain (cf. les exemples ci-après).

2. Technologies expérimentées

Le C.I.E.H. a développé un digesteur discontinu (ou semi-discontinu) particulièrement bien adapté à l'Afrique sahélienne (faibles disponibilités en eau et en fumier) dont les rendements sont aujourd'hui assez élevés grâce à de nombreuses améliorations tant au niveau de la conception des installations que de leur mode de gestion.

Le C.I.E.H. a, par ailleurs, réalisé une étude comparative avec les modèles chinois et indien, dans le cadre de la station expérimentale de SARIA.

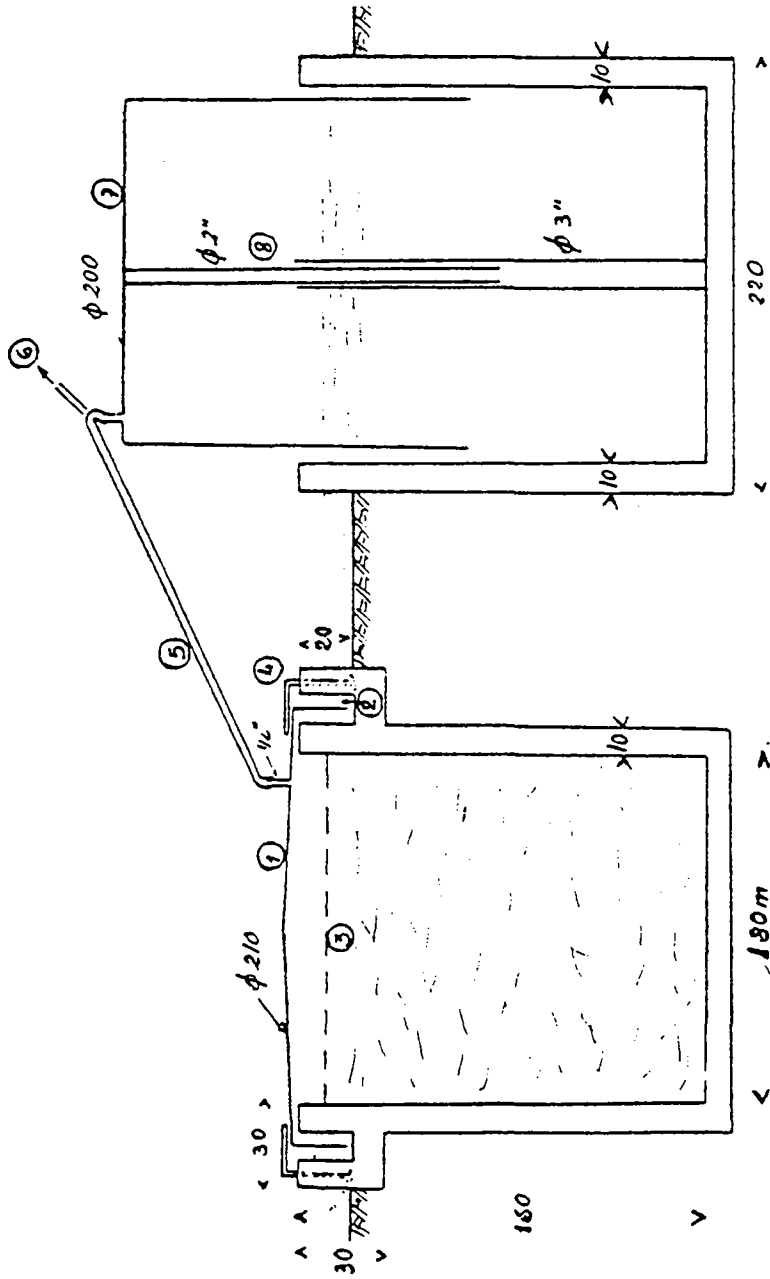
Tableau comparatif des caractéristiques de types indien, chinois, discontinu

Type d'installation	Indien	Chinois	Discontinu
Volume de production m ³ gaz/jour	3	3	3
Rendements pratiques litre gaz/m ³ cuve/jour	350	250	400
Volume nécessaire pour la cuve (m ³)	8,5	12	7,5
Besoins estimatifs en eau (litres/jour)	130	110	50
Surface des gazomètres et couvercles en tôle en m ² (pour un diamètre de 2 m)	9,1		2 cuves+1 gazomètre = 12,3 m ² 2 cuves+couvercle gazomètre = 18 m ²

(Source : C.I.E.H.)

Installation énergie domestique

Type discontinu



Légende :

1. couvercle fixe en tôle de 3 mm
2. joint hydraulique
3. grille de maintien en immersion
4. fixation du couvercle
5. raccord souple vers gazomètre
6. vers utilisation
7. couvercle gazomètre en tôle de 3 mm
8. système de guidage du gazomètre

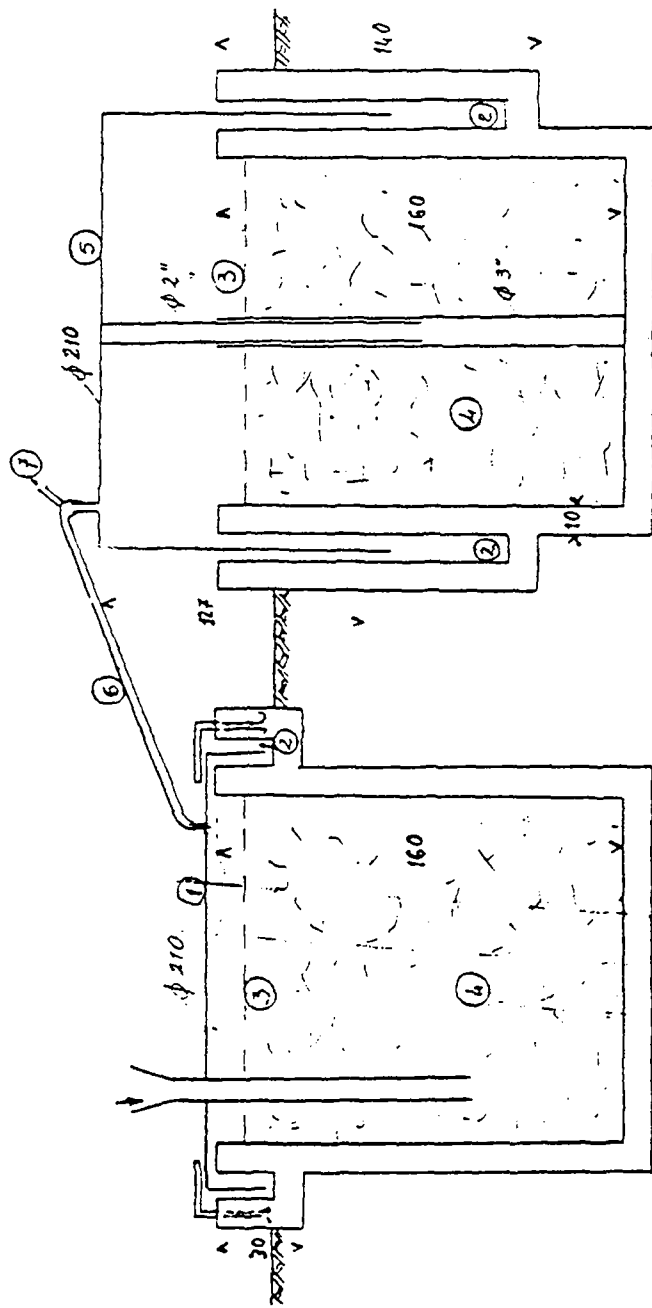
Cuve 1
et
Cuve 2

N.B. dimensions exprimées en cm.

(Source : CIEH/EIER)

Installation énergie domestique

Type semi-discontinu

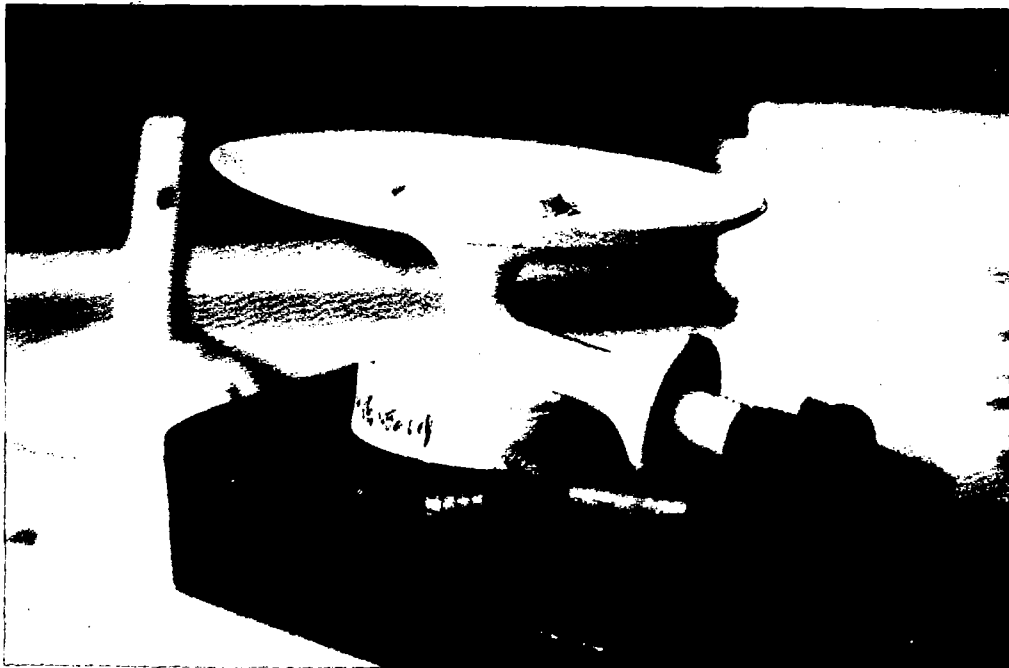


Légende :

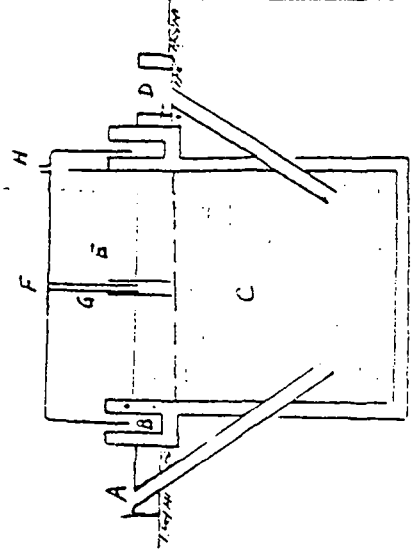
1. couvercle fixe en tôle de 3 mm
2. joint hydraulique
3. grille de maintien en immersion
4. substrat en fermentation
5. couvercle gazomètre
6. joint de raccord souple
7. vers utilisation



. Cuve chinoise



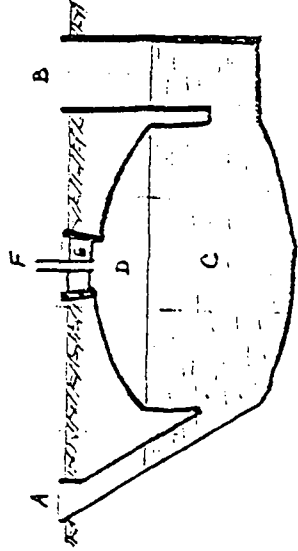
. Brûleur chinois en argile



- A : entrée du substrat
- B : joint hydraulique
- C : substrat en fermentation
- D : sortie du substrat
- E : volume variable de stockage et mise en pression du gaz.
- F : couvercle gazomètre
- G : système de guidage du couvercle
- H : sortie du gaz vers utilisation

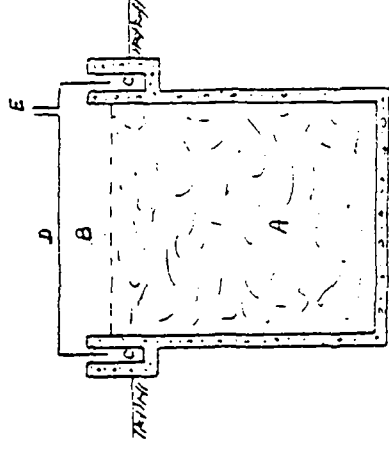
Figure 2 : digesteur de type indien.

(Source : CIEH/EIER)



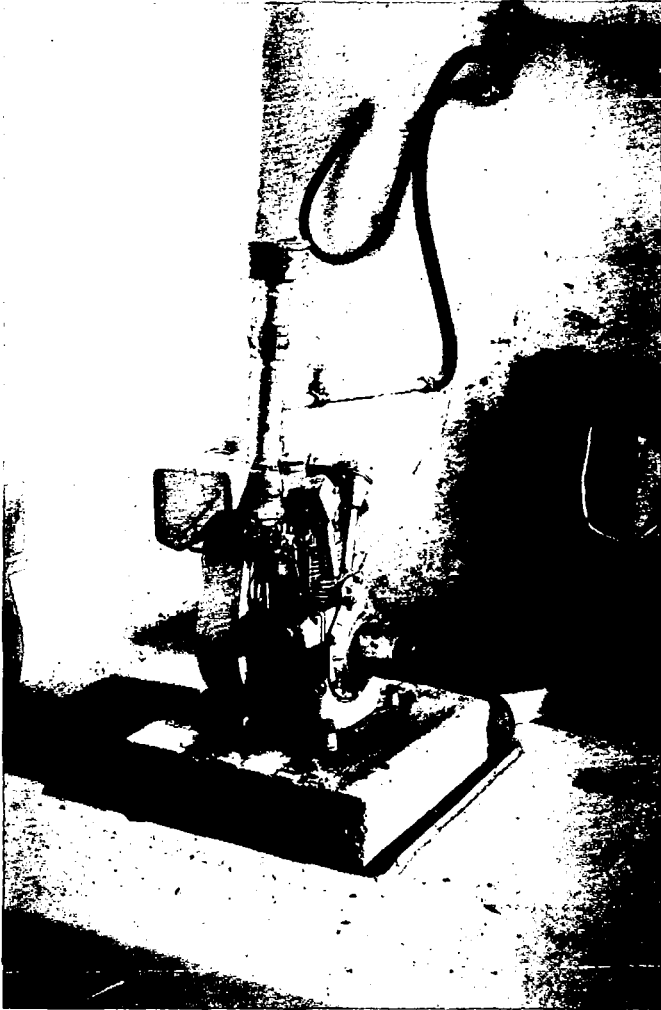
- A : entrée
- B : cuve de vidange
- C : substrat en fermentation : volume utile.
- D : volume de stockage du gaz
- E : bouchon hermétique de vidange
- F : tuyau de sortie du gaz vers l'utilisation.

Figure 3 : digesteur de type chinois.



- A : substrat en fermentation
- B : volume variable de stockage et mise en pression du gaz.
- C : joint hydraulique
- D : couvercle gazomètre
- E : sortie du gaz vers utilisation

Figure 4 : digesteur de type discontinu.



Moteur BERNARD adapté
pour fonctionner au biogas.

Moulin à céréales
entraîné par le moteur
fonctionnant au biogas.



3. Fonctionnement pratique du système discontinu type C.I.E.H.

Il comporte 5 étapes :

Etape 1 : préparation du substrat :

- . broyage du substrat végétal (coupe, piétinement par le bétail)
- . réalisation du mélange à fermenter : 25% déchets animaux (MS)
75% déchets végétaux
- . pré-fermentation aérobie : 8 à 10 jours.

Etape 2 : chargement de la cuve (on réutilise le jus de la fermentation anaérobie).

Etape 3 : fermentation anaérobie : la cuve est fermée, le gaz est produit durant 50 jours environ.

Etape 4 : vidange des résidus de fermentation.

Etape 5 : finition aérobie des résidus de fermentation avant utilisation comme compost : cette étape, non envisagée à l'origine, paraît aujourd'hui indispensable pour améliorer la valeur fertilisante du compost.

4. Dimensionnement des installations

Le C.I.E.H. retient les "normes" suivantes pour la Haute-Volta :

- 300 à 350 litres de biogaz/m³ cuve/jour, de mai à novembre;
- 200 à 250 litres de biogaz/m³ cuve/jour, de décembre à février.

5. Coût des installations (source CIEH - octobre 1980)

Le coût du mètre cube de cuve installée est compris entre 35 000 et 45 000 F.CFA.

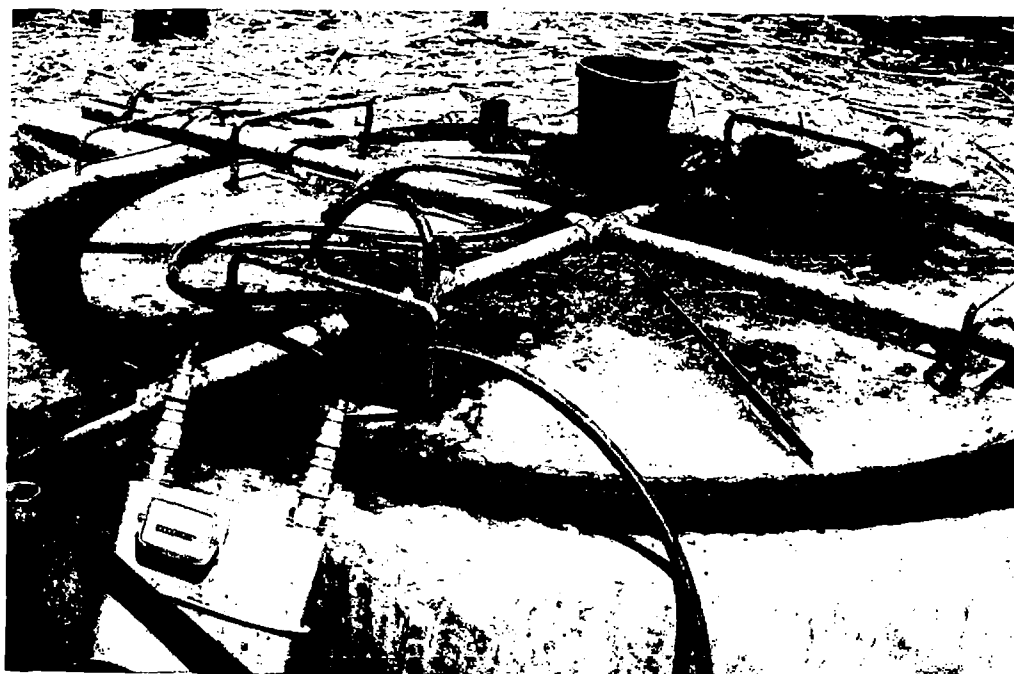
On trouvera ci-après un devis quantitatif pour une installation ayant une capacité de 8 m³ permettant de produire 2 m³ de biogaz par jour, dont le coût est de l'ordre de 300 000 F.CFA.

Devis quantitatif pour une installation de 8 m³ comprenant
1 digesteur + 1 bassin à eau "type Energie Domestique"

Désignation	Unité	Quantité	Observations
Fouilles	m ³	21,5	
Ciment CPA	T	2,15	
Gravillons	m ³	3	
Sable	m ³	1,5	
Couvercles	unité	2	
Gazomètre métallique	unité	1	
Tôle 3 mm	m ²	18	
Tube galvanisé 2'	m	1,8	
Tube galvanisé 3'	m	1,5	
Treillis 6 mm	1 rouleau	1,5	1 rouleau = 25m x 1,2m
Grille	unité	2	
Fer à béton	unité	7	fer en barre de 12 m



. Digesteur à paille de mil et fumier



. Détail de la cloche fixe

Exemple N° 1	DIGESTEUR BIOGAZ
Compte rendu de visite Mars 1981	HOPITAL DE KONGOUSSI KONGOUSSI - HAUTE-VOLTA
<p>1. <u>Cadre du projet</u></p> <p>L'hôpital de Kongoussi, construit il y a quelques années par le Fonds Européen de Développement, est situé à 110 Km au nord de Ouagadougou. Particulièrement démunie au niveau de son budget de fonctionnement, ses installations d'origine (groupes électrogènes, pompe, chauffe-eau solaire etc...) sont aujourd'hui hors service.</p> <p>C'est dans ce cadre que l'AIDR(*) a mené depuis 1978 une expérience intéressante de fabrication de biogaz pour l'alimentation de quelques équipements prioritaires au sein de l'hôpital (réfrigérateur à vaccins, becs Bunsen, réchauds de stérilisation).</p> <p>2. <u>Technologies utilisées</u></p> <p>L'AIDR avait le choix entre trois procédés :</p> <ul style="list-style-type: none">- le procédé continu, développé par le Khadi and Village Industries, commission en Inde qui utilise exclusivement des déchets animaux préalablement dilués;- le procédé semi-continu, de type chinois, qui permet d'utiliser des résidus végétaux en faible proportion;- le procédé discontinu, mis au point par le CIEH en Haute-Volta, qui permet de réduire les quantités d'eau nécessaires ainsi que les quantités de déchets animaux à introduire. <p>C'est ce dernier procédé qui a été retenu par l'AIDR.</p> <p>3. <u>Comparaison des résultats obtenus avec les différents modèles de digesteur</u></p> <p>a)- <u>Digesteur N° 1 (septembre 1978) :</u></p> <p>Le plan ci-après donne une description détaillée de ce digesteur :</p> <ul style="list-style-type: none">- <u>Avantages</u> :<ul style="list-style-type: none">. facilité de vidange du jus bactérien,. stockage aisé du gaz.- <u>Inconvénients</u> :<ul style="list-style-type: none">. coût élevé des matériaux de construction,. perte de gaz entre les parois du digesteur et la cloche (absence de joint hydraulique), <hr/> <p>(*) Association Internationale pour le Développement Rural, Bruxelles.</p>	

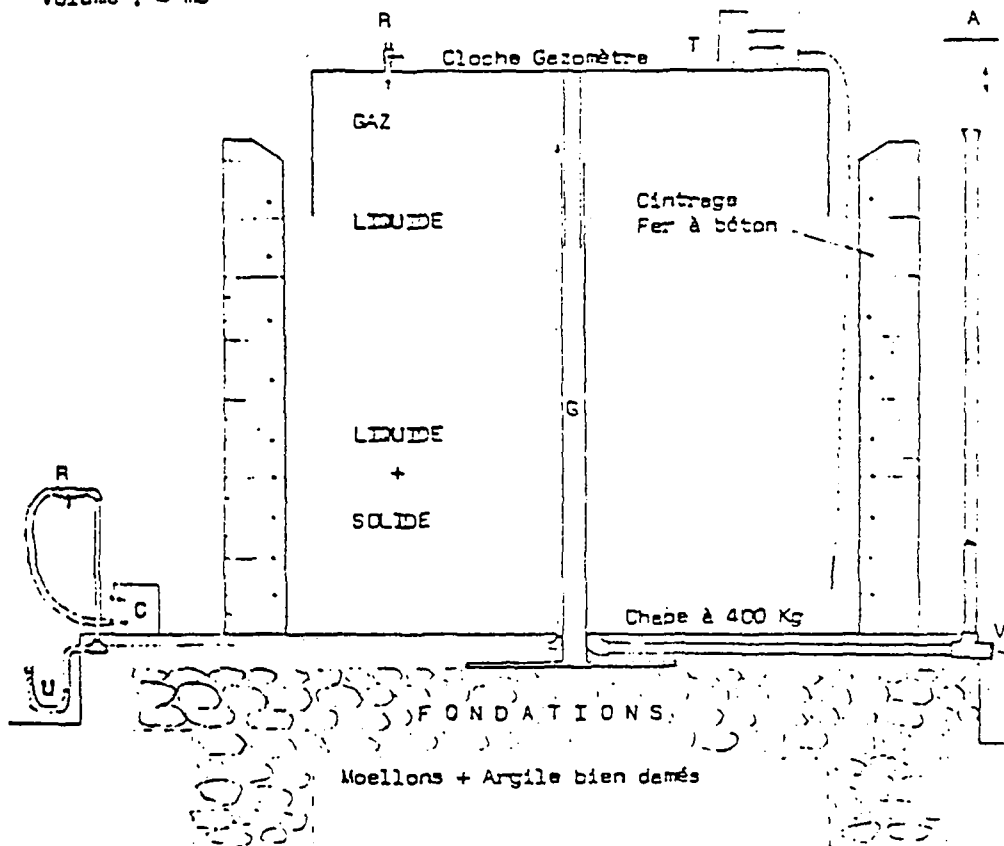
PLAN DU PREMIER DIGESTEUR réalisé en Septembre 1978

Hôpital de KONGOUSSI

Type : discontinu

Duve cylindrique en briques pleines cuites (5,5 X 11 X 22)

Volume : 4 m³



- T : Thermogreche à sonde
- C : Compteur à gaz
- R : Robinets d'échappement du gaz
- V : Tuyau PVC 50 pour la Vidange
- A : Agitateur
- G : Axe de Guidage (tube - acier de 66 X 76)
- U : Tube U pour pression

(Source : A.I.D.R.)

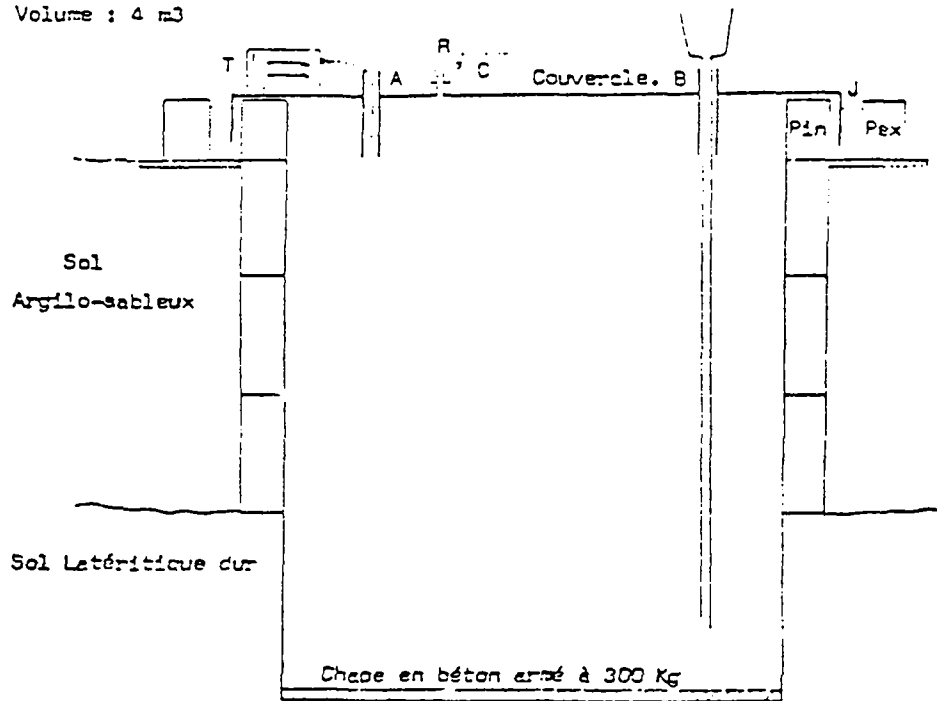
PLAN DU DEUXIEME DIGESTEUR REALISE EN JANVIER 1979

Hôpital de KONGOUSSI

Type : discontinu

Cuve cylindrique en parpaings pleins (15 X 20 X 40)

Volume : 4 m³



R : Robinet d'échappement du gaz vers un gazomètre indépendant

T : Thermographe à sonde

C : Compteur à gaz

A : Tube-acier 50 pour prise d'échantillons et introduction de la sonde du Thermographe

B : Tube-acier 50 pour introduction d'un autre tube (40) de chargement supplémentaire du produit de la panse

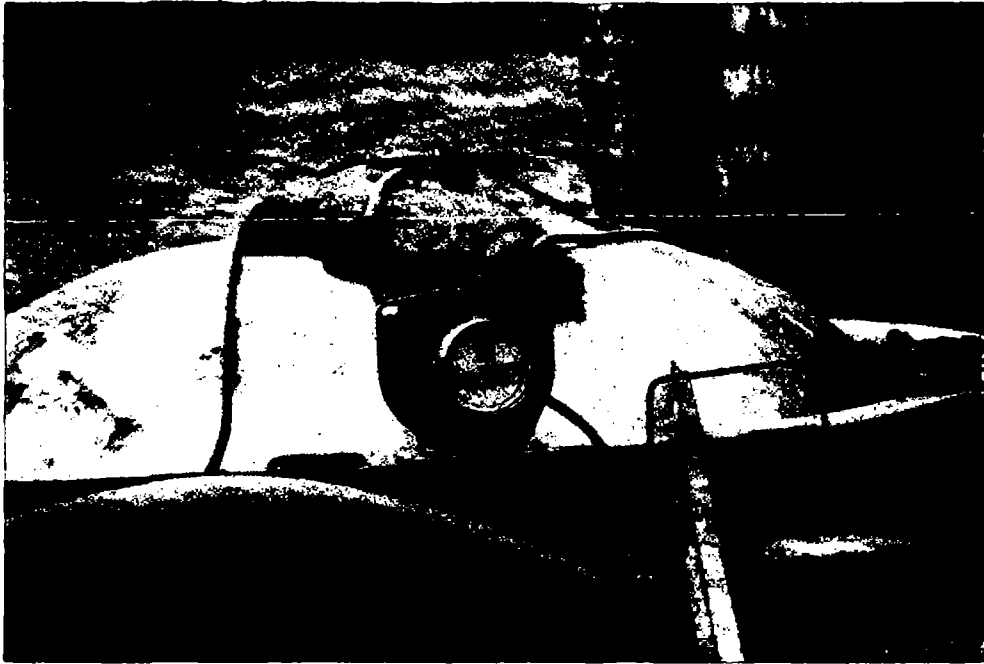
J : Joint Hydraulique

Pin : Paroi intérieure (crépissage ciment + sikalite)

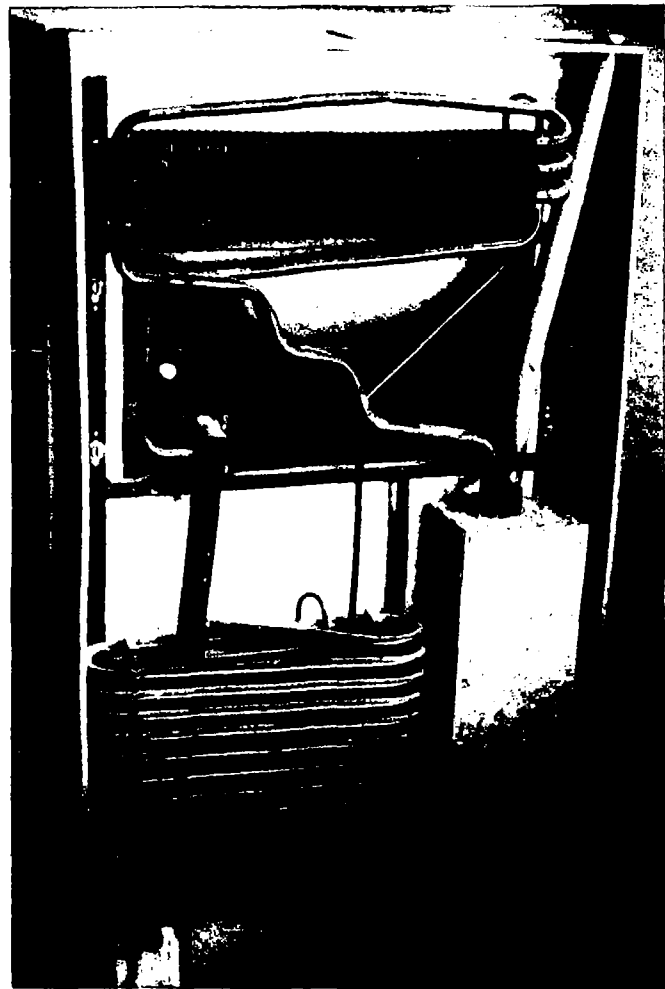
Pex : Paroi extérieure

N.B. : Le couvercle en tôle de 3 mm est fixé à la paroi extérieure de la cuve par une barre transversale.

(Source : A.I.D.R.)



Cuve en polyester,
compteur volumétrique
et réservoir souple



Réfrigérateur biogaz

- . alimentation difficile due à la hauteur de la cuve au-dessus du sol, déperdition de chaleur nocturne plus importante que dans une cuve enterrée.

- Performances constatées :

- . 160 litres par m³ de cuve et par jour (moyenne sur 80 jours);
- . 170 litres de gaz par Kg de matière sèche, avec les matières premières suivantes :
 - jus bactérien 1 m³
 - tiges de mil écrasées 150 Kg MS
 - panses d'ovins 35 Kg MS + 25 Kg au 60^e jour
 - fumier bovin 45 Kg MS
 - écorces de graines de mil 50 Kg MS

b)- Digesteur N° 2 (janvier 1979), cf. photo :

Le plan ci-après donne une description du second modèle expérimenté.

- Avantages :

- . coût sensiblement inférieur,
- . facilité de manipulation du couvercle,
- . production utile de gaz plus grande (joint hydraulique),
- . possibilité de fonctionnement semi-discontinu.

- Inconvénients :

- . nécessité d'un gazomètre supplémentaire.

- Performances constatées (du 22 fév. au 31 juillet 1979) :

- . 250 litres de gaz par m³ de cuve et par jour (moyenne sur 160 j.),
- . 300 litres de gaz par Kg de MS,

avec les chargements suivants : 150 Kg MS tiges sorgho + 41 Kg MS lisier bovins + 53 Kg MS panses d'ovins, soit 244 Kg au démarrage, puis 190 Kg par la suite.

Un second test (1^{er} août au 30 septembre 1979) a donné les résultats suivants :

- . 480 litres de gaz/m³ cuve/jour, moyenne sur 24 jours, correspondant à 250 litres par Kg de MS (sourda + panse),
- . 555 litres de gaz/m³ cuve/jour, moyenne sur 30 jours, correspondant ici à 290 litres par Kg de MS.

c)- Digesteur N° 3 (septembre 1979) :

- Description :

- . cuve enterrée de 12 m³, diamètre 2 m, hauteur 4 m,
- . chape en béton non armé pour le fonds,
- . crépissage direct sur latérite dure (partie inférieure),
- . parpaings pleins crépis pour la partie supérieure,
- . joint hydraulique,
- . cloche gazomètre réalisée en polyester à l'origine, puis remplacée par une cloche en acier, la première n'ayant pas résisté aux manipulations fréquentes.

Le service fourni à l'hôpital est réel mais est encore peu fiable : le réfrigérateur ne fonctionne pas avec une régularité suffisante permettant de conserver sur place un stock important de médicaments et vaccins. Par prudence le médecin responsable de l'hôpital laisse une bonne partie de ses médicaments dans le réfrigérateur d'un hôpital voisin; le groupe électrogène, lui-même, ne paraît pas régulièrement opérationnel.

Le jour de notre visite, le réfrigérateur marchait ainsi que les réchauds et le bec Bunsen. Il semble qu'une meilleure qualité de service serait possible si les installations étaient mieux gérées par les deux responsables actuels.

Le prix de revient du gaz produit, non établi, est probablement assez élevé; il a cependant peu de signification compte tenu du caractère pilote de cette réalisation.

2ÈME PARTIE

BILAN ET RECOMMANDATIONS

CHAPITRE 1

IMPACT DES PROJETS
ÉNERGIES RENOUVELABLES
SUR LE DÉVELOPPEMENT:
SATISFACTION DES UTILISATEURS

Une évaluation, globale, de l'"impact" des projets énergies renouvelables sur le développement et du niveau de satisfaction des utilisateurs est particulièrement difficile compte tenu de la variété des contextes et des technologies employées, du caractère encore très récent d'un grand nombre de ces projets, etc...

La lecture de la lère partie qui comprend l'évaluation concrète d'une grande variété de projets permet de prendre conscience de l'importance de "l'événement" que constitue l'arrivée d'un projet solaire dans la vie d'un village.

PRINCIPALES CONSTATATIONS

Nous essaierons ici de dégager quelques LIGNES-FORCES se dégageant de notre évaluation sur le terrain.

. IMPACT SUR LE DEVELOPPEMENT DES VILLAGES CONCERNES

1. Les projets réalisés ont joué, dans la majorité des cas, un rôle très positif sur le développement des villages concernés.

. SATISFACTION DES BESOINS PRIORITAIRES

2. Ces projets correspondaient à la satisfaction de besoins réellement prioritaires :
 - hydraulique villageoise,
 - hydraulique pastorale,
 - maraîchage,
 - pépinières,
 - alimentation en eau et/ou électricité de dispensaires, hôpitaux,
 - télécommunications, télévision communautaire,
 - etc...

. RAISONS DU SUCCES PARTICULIER DE CERTAINS PROJET

3. Les projets, qui ont "le mieux marché", qui ont été les plus utiles, ont été ceux qui complétaient d'autres actions de développement, déjà entreprises.

. EFFETS VARIES SUR LES VILLAGES CONCERNES

4. L'impact sur le développement des collectivités concernées est très varié :
- prise de confiance du village en lui-même qui reprend espoir (les jeunes restent ...),
 - maintien en vie de villages menacés par la sécheresse (Mali),
 - création de pépinières pour la reforestation (Mali),
 - lancement de maraîchages apportant d'importants revenus au village (exemple : Samane - Sénégal),
 - amélioration de la situation alimentaire (légumes, fruits),
 - motivation des élèves et stagiaires dans les centres bénéficiant de ces projets,
 - amélioration des conditions de fonctionnement des infrastructures de santé (dispensaire de Kolakani, hôpital de San),
 - formation des enfants et des adultes (TV communautaire).

. IMPORTANCE DES STRUCTURES D'ACCUEIL

5. Les projets, bénéficiant d'une bonne structure d'accueil, ont eu des résultats très supérieurs à tous points de vue (fiabilité, valorisation de l'eau pompée, etc).

. IMPACT PSYCHOLOGIQUE

6. Les projets énergies renouvelables ont, dans l'ensemble, été extrêmement bien accueillis par les utilisateurs, l'impact psychologique de ces réalisations est, en pratique, considérable ; ceci implique donc une très grande rigueur dans la préparation de ces projets.

. RESPECT DES INSTALLATIONS

7. Les utilisateurs ont scrupuleusement respecté ces installations plaçant toujours un gardien pour veiller à celles-ci (aucun vandalisme).

. FIABILITE DES MATERIELS

8. La fiabilité des équipements photovoltaïques a été assez bonne, après certaines difficultés initiales (qualité des premières générations de modules).
9. Dès aujourd'hui, le taux de pannes des pompes photovoltaïques est considérablement inférieur à celui des moteurs diesels ou à essence placés dans les mêmes conditions d'environnement ; il s'agit là d'un aspect essentiel pour les utilisateurs, les pannes pouvant avoir de graves conséquences sur la vie du village (mise en péril des cultures, par exemple).

. ENTRETIEN - SERVICE APRES VENTE

10. La qualité du service des équipements solaires pourrait être nettement améliorée ; l'infrastructure d'entretien est, en effet, encore beaucoup trop légère (plusieurs semaines ou même mois d'arrêt pour certaines pompes) ; de ce point de vue le programme Mali Aqua Viva a bénéficié d'une assez bonne infrastructure d'entretien, la mise sur pied de celle-ci ayant été facilitée par l'ampleur du programme.

. INSUFFISANCE DES EQUIPEMENTS ANNEXES

11. Plusieurs projets visités étaient handicapés par l'insuffisance des équipements annexes pour la distribution et le stockage de l'eau, il en résultait une certaine sous-utilisation des équipements solaires.

. PARTICIPATION DES UTILISATEURS AUX INVESTISSEMENTS

12. L'amélioration apportée par ces pompes photovoltaïques est très clairement reconnue par les utilisateurs hommes ou femmes (cf. Samane) ; les villageois ont d'ailleurs montré qu'ils étaient prêts à prendre en charge une partie des investissements sous forme de travail ou d'argent (Ziniare, Markoye, etc).
13. Les projets ayant fait l'objet d'une participation locale à l'investissement sont mieux utilisés et entretenus par la suite ; de ce point de vue les projets totalement "donnés" ont souvent été des échecs (projet ressenti comme "parachuté", le bon fonctionnement de celui-ci est alors l'affaire de l'administration ...).

. DANGERS ASSOCIES A L'EXPERIMENTATION EN MILIEU VILLAGEOIS

14. Les échecs constatés sur certaines pompes thermodynamiques ont été très mal ressentis par les utilisateurs qui visiblement n'acceptent pas de faire l'objet d'une expérimentation ; ils placent, a priori, une confiance très élevée dans ces équipements, d'où une déception particulièrement intense en cas d'échec.

A Niakhène (Sénégal), beaucoup de villageois avaient reconstruit leur maison pour être plus près de la pompe, l'arrêt de cette pompe est donc très durement ressenti ; l'expérimentation en milieu villageois est donc presque toujours à proscrire.

. AUTRES EQUIPEMENTS FIABLES

15. Outre les pompes solaires photovoltaïques, aux résultats très encourageants, il faut signaler les résultats très positifs obtenus par :
- les éoliennes multipales, très fiables moyennant une maintenance réduite, bien adaptées aux petites collectivités ;
 - les générateurs photovoltaïques alimentant des relais hertziens, des téléviseurs, des balises de radio-navigation, etc.

. UTILISATION DU BIOGAS

16. L'impact du biogas en milieu rural est encore peu connu ; un important programme vient d'être lancé en Haute-Volta, il conviendra d'en suivre les résultats sur le terrain (alimentation d'un hôpital, périmètre maraîcher, centre de formation, etc).

En CONCLUSION, on peut dire :

- que les résultats très encourageants ont été obtenus sur le terrain ;
- que les équipements solaires, fiables, sont très bien acceptés et gérés par les utilisateurs ;
- que l'utilité de la majorité de ces projets énergies renouvelables est indiscutable ;
- que la fiabilité de certains équipements est d'ores et déjà supérieure à celle d'équipements conventionnels ;
- qu'une plus grande rigueur sera nécessaire pour la préparation des futurs projets.

CHAPITRE 2

EVALUATION TECHNIQUE DES INSTALLATIONS SOLAIRES

-

- . pompes photovoltaïques
- . pompes thermodynamiques
- . centrales photovoltaïques
- . autres équipements photovoltaïques
- . chauffe eau solaire
- . biogas
- . éoliennes multiples

I - POMPES PHOTOVOLTAIQUES

1.1. FIABILITE

- La fiabilité des pompes photovoltaïques, après quelques difficultés initiales au niveau des générateurs photovoltaïques, est aujourd'hui élevée.

- Leur fiabilité est dès maintenant très supérieure à celle des pompes à moteur diesel ou à essence.

a) Fiabilité des générateurs photovoltaïques : beaucoup de problèmes ont été rencontrés au niveau des modules qui résistaient mal aux conditions climatiques (délamination, rupture de connexions entre cellules, etc). Pratiquement toutes les marques de modules ont connu des problèmes sur le terrain ; les nouveaux modèles, remplacés dans le cadre des garanties (5 ans), donnent satisfaction.

Les modules en verre paraissent mieux résister (bonne performance des RTC par exemple).

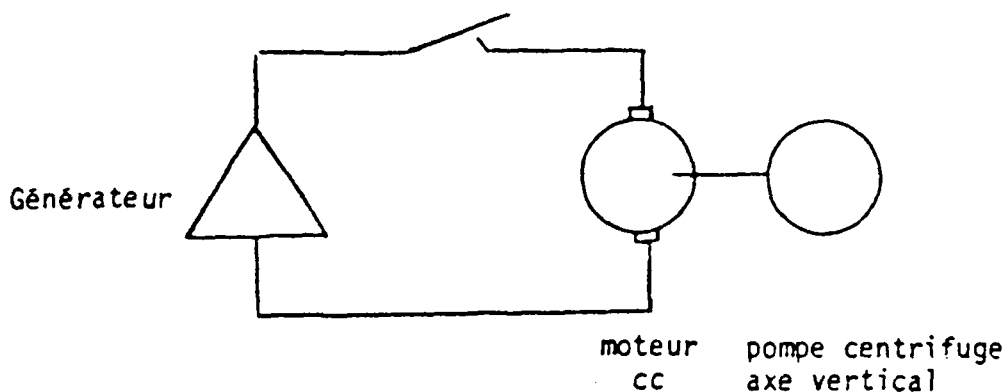
Certaines défaillances étaient dues à quelques erreurs de conception initiale (ingénierie du générateur, insuffisance des diodes, etc).

b) Fiabilité des pompes : les pompes centrifuges (type ALTA X) ont une excellente fiabilité ; les pannes les plus courantes étaient dues à des erreurs initiales (pompes installées sur des puits où les utilisateurs puisaient simultanément, le sable détruisant alors rapidement la pompe) ou à des bouchages de crépine dans le cas de forages non tubés. Les pompes volumétriques (1) ont, elles, eu des résultats assez décevants.

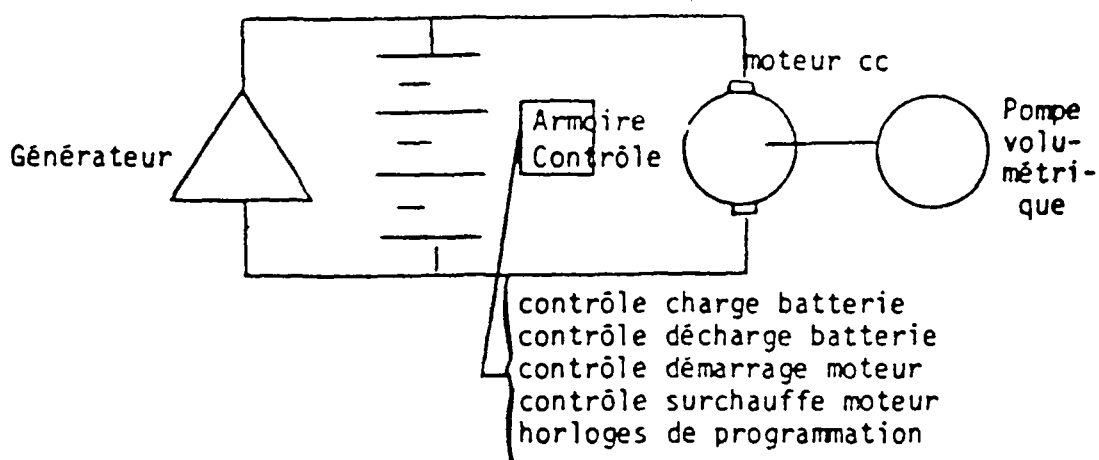
(1) Ces jugements ne concernent que les pompes installées.

POMPES PHOTOVOLTAIQUES TESTEES

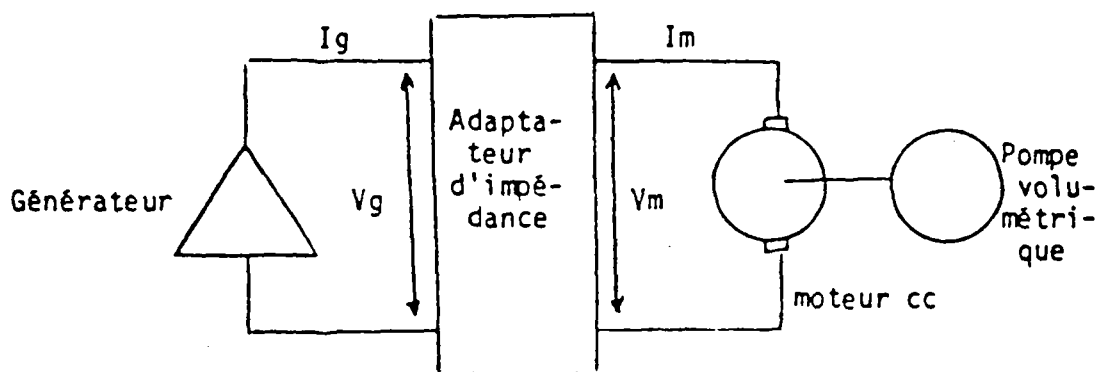
1 GENERATEUR → MOTEUR ELECTRIQUE CC → POMPE CENTRIFUGE



2 GENERATEUR → BATTERIE + ARMOIRE DE CONTROLE → MOTEUR CC → POMPE VOLUMETRIQUE



3 GENERATEUR + ADAPTATEUR D'IMPEDANCE + MOTEUR CC + POMPE VOLUMETRIQUE



- c) Fiabilité des moteurs électriques : les moteurs associés aux pompes GUINARD n'ont eu aucun problème, les charbons durent au moins deux ans ; les moteurs associés aux pompes volumétriques ont eu quelques problèmes (usure du collecteur, usure rapide des charbons).
- d) Fiabilité des armoires de contrôle : les armoires de contrôle des pompes GUINARD, très simples, n'ont eu aucune panne ; il n'en est pas de même pour les autres fabricants qui ont connu d'importantes difficultés (relais défaillants, dérèglement de l'adaptateur d'impédance, etc).

1.2. SIMPLICITE D'ENTRETIEN

- Les pompes photovoltaïques centrifuges à couplage direct sont extrêmement faciles à entretenir compte tenu de leur très grande rusticité ; une équipe d'entretien peut entretenir une centaine de pompes avec un matériel très réduit et très classique.
- L'entretien des autres pompes est apparu comme plus complexe, notamment au niveau de la partie contrôle-électronique de régulation, dans des pays où les électriciens/électroniciens qualifiés sont particulièrement rares.

1.3. CONFORMITE AUX PERFORMANCES NOMINALES

- Les performances nominales, annoncées de bonne foi par les constructeurs étaient souvent optimistes, elles prenaient en effet insuffisamment en compte les nombreuses pertes de puissance existant au niveau du générateur photovoltaïque (effet de la température, effets des déséquilibres électriques, désadaptation générateur - charge, etc...).
- Les constructeurs, sur la base de l'expérience acquise, paraissent aujourd'hui plus prudents dans leurs engagements. A signaler que ces performances ne peuvent être atteintes que pour des caractéristiques de hauteur manométrique conformes à la valeur nominale annoncée par le constructeur ; en pratique, les hauteurs manométriques réelles sont souvent très différentes d'où une perte de performances tout à fait normale.

1.4. RENDEMENTS CONSTATES

- Les pompes solaires GUINARD, en bon état, ont des rendements globaux (1) de l'ordre de 4,5 % (rendement générateur 10 %, rendement moteur + pompe 45 %). Ce rendement est très honorable, il est 5 fois supérieur à celui d'une pompe solaire thermodynamique (donc 5 fois moins de surface de capteur pour un débit identique ...).

1.5. MATURITE DE LA TECHNOLOGIE

- Les pompes photovoltaïques centrifuges à couplage direct ont aujourd'hui atteint le stade industriel ; leur durée de vie dépendra de la durabilité des nouveaux modules photovoltaïques, l'objectif d'une durée de vie d'au moins 10 ans nous paraît réaliste.
- D'autres types de pompes sont en cours de développement (pompes immergées notamment). On peut placer d'importants espoirs sur celles-ci, encore faut-il éviter de les diffuser avant mise au point complète.

1.6. RECOMMANDATIONS

- . Continuer à donner la priorité aux solutions technologiques simples, même au prix d'un rendement énergétique un peu moins bon.
- . L'électronique, inévitable à terme, doit être introduite avec une très grande prudence, à l'issue de tests exceptionnellement sévères ; elle doit se concevoir sous formes de modules aisément substituables.
- . N'installer que des modules photovoltaïques à couverture en verre, ils sont nettement plus résistants et se refroidissent mieux.
- . Prendre en compte la puissance électrique réellement fournie, et non la puissance théorique pour dimensionner les moteurs et les pompes.

(1) Rendement global = énergie hydraulique obtenue/énergie solaire incidente.

II - POMPES THERMODYNAMIQUES < 1 KW

2.1. FIABILITE

- Médiocre dans l'ensemble ; certaines pompes ont cependant fonctionné plusieurs années sans intervention importante.
- Ce résultat, décevant, est autant dû à des raisons humaines (formation des utilisateurs, structures d'entretien, etc) qu'à des raisons strictement techniques.
- Principales pannes : pompes volumétriques et presses hydrauliques, fuites dans les capteurs, pertes de butane ou de fréon.
- La boucle thermique, même, a eu une fiabilité plutôt supérieure aux équipements annexes, pourtant plus "classiques".

2.2. SIMPLICITE D'ENTRETIEN

- L'entretien de ces pompes, sans être difficile, demande un personnel spécialement formé.
- Ces pompes peuvent difficilement être complètement prises en charge par les structures d'accueil.
- Les pièces détachées et le fréon sont difficiles à obtenir.

2.3. CONFORMITE AUX PERFORMANCES NOMINALES

- Non, dans la plupart des cas les débits obtenus sont très inférieurs aux valeurs attendues.
- Explication : rayonnement solaire moyen très inférieur aux 6,5 kWh/m²/j retenu par le constructeur, température de l'eau du forage trop élevée, rendement des capteurs moindre que prévu.

2.4. ETAT ACTUEL DES INSTALLATIONS

- Réalisation initiale soignée.
- Remise en état de la majorité d'entre elles assez facile pour un coût limité (ex : 6 pompes remises en état en Haute-Volta en quelques semaines).

2.5. MATURITE DE LA TECHNOLOGIE

- L'introduction de ces pompes, en nombre sur le terrain, a été prématurée, on est passé trop vite d'un prototype, intéressant, au stade pré-industriel. Le développement n'a pu être effectué convenablement sur le terrain compte tenu de l'environnement très difficile.

2.6. RECOMMANDATIONS

- . Ne pas faire d'expérimentation sur site, sauf dans le cadre de structures d'accueil spécifiquement adaptées (écoles d'ingénieurs, laboratoires, universités).
- . En effet cette expérimentation sur site est :
 - inacceptable du point de vue des utilisateurs qui n'acceptent pas ces risques,
 - inefficace du point de vue technique en l'absence de toute structure de suivi, de retour d'informations, etc,
 - dangereuse pour l'image de la technologie française.
- . Le développement des produits solaires doit se faire essentiellement avant l'exportation des équipements. Ce développement, est coûteux, mais indispensable, il faut aider les industriels dans cette phase, essentielle pour l'avenir du produit.
- . L'obsolescence rapide de ce produit, assez largement prévisible, souligne la nécessité d'une analyse rigoureuse des atouts et handicaps propres au produit face à ses concurrents à moyen terme.

Nota : Ces pompes n'étant plus commercialisées, les réflexions ci-dessus, volontairement brèves, ont pour seuls objectifs de nuancer les "affirmations" couramment entendues et de dégager quelques enseignements utiles pour l'avenir.

Les choix technologiques qui avaient été faits pour ces pompes étaient à l'époque réellement intéressants et susceptibles de conduire à une excellente fiabilité ; la promotion précipitée de ces pompes avant mise au point totale a brisé les espoirs que l'on pouvait placer sur ces pompes ; elles ne sont plus économiques aujourd'hui.

III - POMPES THERMODYNAMIQUES DE GRANDE PUISSANCE (≥ 10 KW)

Le caractère récent de projets tels que KARMA, DIRE, BONDIE SAMB nous oblige à une certaine prudence dans l'évaluation technique.

3.1. FIABILITE

- Non encore établie, certains résultats sont encourageants.
- Complexité beaucoup plus grande des installations : systèmes de démarrage, aéroréfrigérants, automatismes électriques, etc, susceptibles d'influer défavorablement sur la fiabilité.
- Meilleure fiabilité de certains composants (capteurs, boucles thermiques).

3.2. SIMPLICITE D'ENTRETIEN

- Installations complexes, demandant la présence permanente de techniciens qualifiés.

3.3. CONFORMITE AUX PERFORMANCES NOMINALES

- Assez bons résultats pour les pompes ayant fait l'objet de mesures approfondies.

3.4. MATURITE DE LA TECHNOLOGIE

- Il s'agit de prototypes, incorporant plusieurs innovations technologiques : nouveaux moteurs, stockage thermique, aéro-réfrigérant, régulation automatique, etc.

3.5. RECOMMANDATIONS

Ces installations sont expérimentales ; il faut donc leur donner les moyens de faire une véritable expérimentation afin de progresser et de mener à bien ces projets :

- renforcement en techniciens,
- renforcement en matériel de mesure (DIRE),
- renforcement des moyens financiers pour le fonctionnement.

Une évaluation approfondie sera nécessaire à la fin de ces expériences pour examiner l'intérêt du développement de cette filière (évaluation multicritères).

IV - CENTRALE ELECTRIQUE PHOTOVOLTAIQUE

L'étude sur l'hôpital de SAN présentée en 1ère partie montre que l'on sait dès aujourd'hui produire de petites centrales électriques photovoltaïques de grande fiabilité rendant des services tout à fait prioritaires ; nous recommandons vivement de lire ce compte rendu détaillé assorti de nombreuses mesures (1).

RECOMMANDATIONS

- . La réalisation de petites centrales électriques photovoltaïques peut, d'ores et déjà être recommandée si l'énergie électrique est destinée à des applications prioritaires (dispensaires par exemple).

- . Il nous paraît important de ne pas se limiter à des installations de grande puissance comme SAN (8,5 kWc) ; quelques centaines de watt crêtes peuvent déjà apporter des services considérables pour un prix modeste (éclairage prioritaire, appareils médicaux, réfrigérateur à médicaments, émetteur/récepteur) ; une approche modulaire pourrait être ici intéressante.

(1) Cf. page 56.

V - AUTRES EQUIPEMENTS PHOTOVOLTAIQUES

5.1. FIABILITE

Les générateurs photovoltaïques, utilisés pour l'alimentation d'équipements électroniques très variés :

- . téléviseurs communautaires,
- . relais hertziens,
- . relais de radiotéléphonie,
- . réémetteurs TV,
- . balises radioélectriques,
- . etc. ,

ont déjà démontré leur bonne fiabilité sur le terrain en Afrique ;
ils apportent une qualité de service très supérieure à celle apportée par les sources d'énergie concurrentes (diesel, turbogénérateurs, etc).

5.2. SIMPLICITE D'ENTRETIEN

Extrêmement réduit - une visite tous les 6 mois ou tous les ans simultanément aux visites de contrôle des équipements électroniques ainsi alimentés.

VI - CHAUFFE-EAU SOLAIRES

6.1. FIABILITE

Très bonne pour les chauffe-eau, bien conçus, utilisation de matériaux durables (fibrociment, aluminium, fibre de verre, etc) tels que ceux construits par l'ONERSOL au NIGER.

6.2. SIMPLICITE D'ENTRETIEN

L'entretien d'un chauffe eau solaire est particulièrement réduit.

VII - BIOGAZ (1)

7.1. ETAT DE DEVELOPPEMENT

La technologie en fonctionnement discontinu (système CIEH Haute-Volta) peut être considéré comme opérationnelle. Il reste à en démontrer l'acceptabilité par les utilisateurs et surtout à rechercher de nouvelles voies pour en abaisser les coûts d'investissement.

7.2. SIMPLICITE D'ENTRETIEN

Les installations de biogaz exigent un entretien régulier (lutte contre la corrosion, maintien de l'étanchéité, nettoyages, etc).

(1) Cf. 1ère partie qui analyse en détail cette technologie

VIII - EOLIENNES MULTIPALES

8.1. FIABILITE

La fiabilité des éoliennes multipales est très élevée si :

- le matériel installé est de qualité,
- si la pompe associée à l'éolienne est bien adaptée au forage (et non surdimensionnée),
- si une personne assure effectivement un minimum d'entretien et son blocage avant les tornades d'hivernage,
- si l'éolienne est placée sur un site convenable (peu de turbulences, absence d'obstacles proches, etc.).

8.2. SIMPLICITE D'ENTRETIEN

L'entretien est particulièrement simple : lubrification tous les 6 mois et vérification de l'étanchéité du piston de la pompe ; ces tâches ne demandent pas de compétences particulières. Les pièces détachées sont très bon marché et peuvent éventuellement être fabriquées sur place dans un atelier sommaire.

IX - PROBLEMES TECHNIQUES GENERAUX

Les matériels solaires étant récents, il est normal que des difficultés de mise au point soient rencontrées ; celles-ci seraient cependant nettement diminuées, si :

- les matériels faisaient l'objet de tests sérieux et prolongés, en usine avant expédition ;
- avant de disséminer un matériel à des centaines de km des capitales, il pouvait être à nouveau testé dans le pays, dans le cadre d'une structure d'accueil apte à en effectuer un suivi détaillé ;
- au préalable, des études d'identification sérieuses étaient réalisées évitant les "surprises" désagréables, les révisions tardives d'ingénierie, etc.

EVALUATION DE QUELQUES TECHNOLOGIES SOLAIRES

	Pompes photovoltaïques	Pompes thermodynamiques	Centrales photovoltaïques	Chauffe eau solaire	Biogaz	Eoliennes multiples
Maturité technologique	commercial	développement	commercial	commercial	développement	commercial
Fiabilité constatée	assez élevée	insuffisante	élevée	très élevée	élevée	élevée
Niveau requis pour l'utilisateur	faible	assez élevé	faible	faible	faible	faible
Simplicité d'entretien	très simple	complexe	assez simple	très simple	simple	très simple
Coût d'investissement	élevé	élevé	élevé	moyen	moyen	faible
Possibilité fabrication locale	partiellement	partiellement	partiellement	oui	oui	oui

CHAPITRE 3

COMPARAISON ÉCONOMIQUE ENTRE LES SOLUTIONS
ÉNERGIES RENOUVELABLES ET LES SOLUTIONS CLASSIQUES

-

I - DIFFICULTES ASSOCIEES AUX COMPARAISONS ECONOMIQUES

a) Délimitation des "systèmes" analysés

Pour faire une comparaison valable, il faut déterminer, au préalable, l'ensemble des biens et services directs et indirects associés à la solution étudiée :

- . par exemple : si on analyse le coût d'un système d'irrigation par pompes diesel, il faut inclure l'ensemble des composantes permettant le fonctionnement de ce système : moteur diesel bien sûr, mais aussi : les réservoirs de carburant, les véhicules pour le transport du carburant, les pièces de rechange, les coûts d'investissement et de fonctionnement de l'atelier d'entretien des moteurs, le coût des personnels directs et indirects, etc., etc. ;
- . dans bien des cas, on s'apercevra alors que l'investissement total nécessaire au fonctionnement régulier de l'équipement représente plusieurs fois le prix de l'équipement même ; la lourdeur de cet "environnement" associé aux solutions classiques, permet de justifier beaucoup plus facilement les solutions solaires, beaucoup plus autonomes et demandant très peu d'investissements.

b) Méconnaissance générale des coûts d'investissement et surtout de fonctionnement associés aux solutions classiques

Notre expérience, sur le terrain, montre que très peu d'organismes ont une connaissance, même approximative, de leurs coûts d'investissement et surtout de fonctionnement faute de comptabilité analytique détaillée ; en l'absence de celle-ci, nos interlocuteurs ont souvent tendance à minimiser considérablement leurs coûts de fonctionnement en ne retenant que les frais directs : carburant, gardien de l'équipement, etc., alors que les frais indirects⁽¹⁾, tout aussi réels, indispensables au fonctionnement du système, dépassent souvent ces frais directs.

(1) Amortissements, pièces de rechange, frais de déplacements des mécaniciens, coût de livraison des carburants, frais de gestion, etc...

Un effort de meilleure connaissance du coût réel des solutions conventionnelles faciliterait, très largement, l'introduction de solutions solaires.

c)- Variété des situations en matière de coûts des investissements et de fonctionnement

Un même équipement peut avoir un coût d'investissement variant de 1 à 2 suivant l'origine du produit (une motopompe indienne coûte 2 fois moins cher qu'un matériel européen), suivant le cadre d'implantation de l'équipement (achat unitaire ou groupé, direct ou via un représentant local, etc...), suivant le régime fiscal appliqué, etc...; de même le coût réel des carburants varie de 1 à 3 suivant les pays.

Aucune comparaison générale de compétitivité économique ne peut donc être sérieusement tentée, il faut chaque fois se placer dans un contexte précis pour un service précis, le "système" complet assurant ce service étant bien délimité.

d)- Influence considérable du choix des paramètres sur la compétitivité relative des solutions classiques ou énergiques renouvelables

La compétitivité d'un équipement solaire/équipement classique dépend très largement des paramètres retenus pour le calcul : ceux-ci sont éminemment variables et relatifs à des contextes précis; citons en quelques-uns :

- . nombre d'heures annuel de fonctionnement,
- . durée de vie des équipements,
- . taux d'intérêts à prendre en compte,
- . coût de l'entretien (très variable),
- . niveau de sécurité requis (équipement de secours ou non),
- . coût du combustible,
- . etc...

La prise en compte ou non de l'inflation peut aussi modifier sensiblement le classement entre les solutions classiques et solaires.

e) Signification limitée des prix actuels des matériels solaires

Les équipements solaires sont encore pour la plupart vendus en séries très limitées; leurs prix élevés incorporent de nombreux coûts (frais généraux, frais de développement, frais commerciaux, etc.) dont la part se réduira largement lorsque des marchés significatifs s'ouvriront : à ceci s'ajoutera, bien sûr, les économies dues à l'effet d'échelle au niveau des fabrications.

La comparaison de produits mûrs tels que le diesel avec des produits nouveaux doit donc se faire avec une très grande prudence.

II - COUT DES INVESTISSEMENTS ET CHARGES RECURRENTES

Les solutions solaires ont souvent des coûts d'investissement plus élevés que les solutions "classiques", mais :

- leurs coûts de fonctionnement est généralement considérablement inférieur aux solutions classiques, elle n'entraînent donc que de faibles charges récurrentes supportables par les utilisateurs ; ce qui est rarement le cas pour les solutions diesels, qui contraignent de plus en plus difficiles à supporter. (1)

Faute de moyens publics pour supporter ces coûts de fonctionnement très élevés, de nombreux équipements sont aujourd'hui arrêtés (réseaux de distribution d'eau, petites centrales électriques, etc.) ; les équipements solaires peuvent ici constituer une réponse privilégiée face à la l'étrousse des budgets de fonctionnement.

(1) L'irrigation par motopompe diesel est presque partout lourdement subventionnée par la collectivité ; la modicité des investissements en motopompes se paie ici par des coûts récurrents très élevés (carburants, huiles, entretien, etc.).

III - COUTS POUR LA COLLECTIVITE RESULTANT D'UNE FIABILITE INSUFFISANTE DES SOLUTIONS CLASSIQUES

Chacun sait que les moteurs diesel demandent une excellente infrastructure d'entretien pour assurer un service convenable ; pratiquement, dans les conditions africaines, cette infrastructure manque très généralement et la durée de vie des équipements diesel est souvent dérisoire faute d'entretien préventif.

Or, ces pannes fréquentes ont un coût considérable pour la collectivité : pertes de récoltes, mauvais approvisionnement en eau souvent durement ressenti, coupures d'électricité, rupture d'artères de télécommunications, etc.

On se préoccupe trop rarement d'évaluer les coûts de ces "ruptures de service", alors qu'ils dépassent souvent de très loin, d'un facteur 10 à 100 le coût même de l'équipement en cause.

Nous pensons qu'une analyse "économique" correcte entre les solutions classiques et solaires doit absolument prendre en compte les coûts associés à la fiabilité plus ou moins élevée de l'équipement.

De ce point de vue, pour l'irrigation par exemple, chacun sait que les aménagements de sols sont extrêmement coûteux à l'hectare, la logique voudrait donc que ceux-ci en retour produisent le plus de récoltes possibles sans pertes dues à des avaries de motopompes ; pratiquement on peut se demander s'il ne serait pas plus économique de choisir des solutions solaires nettement plus chères à l'investissement par rapport au diesel, mais assurant une fiabilité très supérieure ; le surcoût dans le budget total d'aménagement (génie civil + pompes) étant au demeurant acceptable compte tenu du poids prépondérant des frais de génie civil ; outre une utilisation plus complète des sols mis en valeur on réduirait parallèlement considérablement les frais récurrents (suppression des subventions).

(1) Ces solutions solaires se confirmeront très nettement au delà de 1985 avec la baisse du coût des pompes solaires.

IV - EXEMPLE DE COMPARAISON DES COUTS EN HYDRAULIQUE VILLAGEOISE GROUPE ELECTRO- GENE + POMPE IMMERGEE/POMPE PHOTOVOLTAIQUE

4.1 - COMPARAISON AVEC LES COUTS ACTUELS

. Remarques préliminaires

La comparaison des prix de revient du mètre cube pompé avec ces différents moyens est relativement aléatoire si l'on tient compte des éléments suivants :

- on compare sur les mêmes bases un produit industriel "mûr" diffusé à des millions d'exemplaires à des produits "nouveaux" réalisés à quelques centaines d'unités,

- de nombreux paramètres essentiels sont encore mal connus :

. performances réelles des pompes solaires,

. coût de l'entretien et durée de vie : on manque d'expérience suffisante pour évaluer correctement ces paramètres ; on a retenu des valeurs moyennes raisonnables,

. coûts totaux d'investissement.

Les prix FOB (tarifs) sont bien connus, il n'en est pas toujours de même pour les prix matériels installés.

De plus, les prix de revient comparatifs dépendent beaucoup du taux d'utilisation des divers équipements ; on remarquera ainsi que les pompes solaires travaillent à leur capacité 6 à 8 heures/jour environ, alors que l'équipement diesel, sans investissement supplémentaire, pourrait produire trois fois plus...

L'exigence de sécurité influe elle aussi sur les coûts, on a ainsi retenu deux groupes électrogènes dont un de secours alors qu'aucun équipement de secours n'a été pris en compte pour les pompes solaires.

La durée de vie du diesel retenu a été fixée à 4 ans. Cette valeur, apparemment faible, tient compte des durées de vie constatées sur le terrain pour des moteurs de cette puissance. Le coût élevé d'entretien est aussi représentatif tenant compte du prix très élevé des pièces détachées et des frais de déplacement des équipes d'entretien, etc.

COUT COMPARATIF AU m3 DES POMPES DIESEL ET DES POMPES SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES DANS LES CONDITIONS ACTUELLES (fin 1981)

	Groupe électrogène diesel + pompe électrique immergée	Pompe photovoltaïque 1 300 W crête	
Hauteur manométrique	30 m	30 m	
Débit horaire nominal	7 m3/h	32 m3/j	
Durée annuelle de fonctionnement	1 800 h	1 800 h	
Volume annuel pompé	12 600 m3	11 500 m3	
INVESTISSEMENTS : en FF			
. Groupe (7kVA)	(4 ans) 35 000	190 000 (Prix FOB) 40 000	
. Groupe de secours	(10 ans) 35 000		
. Pompe immergée	(10 ans) 20 000		
. Cabine pompage	(20 ans) 18 000		
. Divers	(10 ans) 17 000		
Prix total installé	125 000	230 000	
AMORTISSEMENTS ANNUELS : en FF			
		Durée 10 ans	Durée 15 ans
. Taux d'intérêt 5 %	20 600	29 800	22 800
. Taux d'intérêt 10 %	24 900	37 400	30 200
. Taux d'intérêt 15 %	29 500	45 800	39 300
FRAIS DE FONCTIONNEMENT : en FF			
. Gas-oil à 4 FF/litre (1)	10 800	1,5 % de l'investissement 3 500	
. Huile (15 % dépenses en gas-oil)	1 600		
. Main-d'oeuvre	11 000		
. Entretien 25 % du prix du groupe (pièces et main-d'oeuvre)	8 800		
TOTAL FRAIS DE FONCTIONNEMENT	32 200	3 500	
En FF			
Total général à 5 %	52 800	10 ans	15 ans
à 10 %	57 100	33 300	25 700
à 15 %	61 700	40 900	33 700
		49 300	42 800
Prix de revient du m3, ouvrage et distribution exclus			
à 5 %	4,20 F/m3	2,90 F	2,20 F
à 10 %	4,50 F/m3	3,55 F	2,95 F
à 15 %	4,90 F/m3	4,30 F	3,70 F
Dont frais de fonctionnement	2,55 F/m3	0,30 F	0,30 F

(1) La consommation retenue : 1,5 litre/heure a été volontairement prise assez élevée pour tenir compte des conditions d'environnement. Le prix de 2 francs/litre de gaz-oil est représentatif coûts rencontrés dans les pays tropicaux (frais de transport et de stockage inclus).

. Principaux résultats

L'examen du premier tableau comparatif (situation actuelle) permet de faire les remarques suivantes :

- la pompe solaire photovoltaïque conduit, dans le cadre des hypothèses retenues, à un prix de revient du m³ d'eau pompée sensiblement inférieur à celui associé au pompage diesel,
- les frais de fonctionnement au m³ pompé sont, en outre, considérablement inférieurs dans le cas des pompes solaires,
- les taux d'actualisation pris en compte ne modifient pas le classement en faveur de la pompe photovoltaïque,
- le prix du combustible + huile dans la solution diesel représente 40 % environ des frais de fonctionnement et plus de 20 % du total des coûts annuels,
- la prise en compte d'une durée de vie moyenne de 15 ans au lieu de 10 ans pour les pompes solaires fait descendre le prix de revient du mètre cube d'environ 15 à 20 %,
- cette analyse économique ne prend pas en compte certains facteurs non quantifiables, mais d'une importance essentielle : sécurité de l'approvisionnement, autonomie du village, impact sur le développement socio-culturel, etc.

NOTA : . L'équipement retenu dans le cas de la solution diesel est relativement "luxeux" : surdimensionnement du groupe électrogène, présence d'un groupe de secours, construction d'une véritable cabine en dur, etc., il correspond probablement à l'équipement type d'une très grosse bourgade ; en limitant les dépenses au stricte nécessaire, il paraît possible de diminuer les investissements d'au moins 30 %

. Un fonctionnement du diesel sur une durée annuelle plus élevés, 3 000 h par exemple, conduirait à un prix de revient sensiblement diminué (20 % environ).

. 1 unité de compte européenne = 6 FF.

. 1 FF = 50 F.CFA.

. 1 US\$ = 5,5 FF

4.2 - COMPARAISON DES COÛTS A L'HORIZON 1985

. Le pompage solaire photovoltaïque est déjà compétitif par rapport au diesel en hydraulique villageoise ; son avantage comparatif se creusera nettement d'ici 1985.

Moyen d'exhaure	Evolution technologique prévisible	Effet sur les coûts d'investissement et de fonctionnement au m3 pompé (en francs constants)
Groupe électrogène diesel + pompe électrique immergée	Peu d'améliorations technologiques raisonnablement envisageables, car c'est un produit "mûr" déjà très au point.	<ul style="list-style-type: none"> . Les coûts d'investissements devraient peu varier, de même que les coûts d'entretien. . Le carburant augmentera encore, alourdissant le coût du pompage diesel.
Pompe solaire photovoltaïque	<p>Les cellules photovoltaïques devraient connaître une baisse considérable des prix unitaires.</p> <p>La production en série de ces pompes peu complexes accélérerait encore la chute des prix</p>	Le coût d'investissement total devrait baisser très significativement (les cellules représentent en effet plus de 60 % du prix actuel), l'entretien devrait aussi être réduit (cellules plus fiables).

Comparaison des prix du m³ entre les pompes diesel et les pompes solaires à l'horizon 1985 (en F. 1981).

	Groupe électrogène diesel + pompe électrique immergée	Pompe solaire photovoltaïque	
Débit horaire	7 m ³ /h à 30 m	30 m ³ /j à 30 m	
Volume annuel pompé	12 600 m ³	11 500 m ³	
Investissement total	125 000 FF	140 000 FF (hypothèse 1)	70 000 FF (hypothèse 2)
Frais de fonctionnement (1)	38 400 FF	2 500 F	2 000 F
Coût annuel :			
. à 5 %	59 000 FF	20 600 F	12 400 F
. à 10 %	63 300 FF	22 800 F	15 000 F
Prix de revient du m ³ :			
. à 5 %	4,70 F	1,80 F	1,10 F
. à 10 %	5,00 F	2,00 F	1,30 F
dont frais de fonctionnement	3,05 F	0,25 F	0,20 F

NOTA

Il s'agit d'une "tentative de prévision", elle doit être utilisée avec prudence.

Le tableau ci-dessus permet de tirer les conclusions suivantes :

- le pompage solaire photovoltaïque, deviendra dans les années 1985 très nettement plus économique que le pompage diesel en hydraulique villageoise tout en offrant une meilleure qualité de service.

1 FF = 50 F CFA

1 UCE = 6 FF

1 US\$ = 5F 50

(1) Le prix du gas-oil et de l'huile a été ici augmenté de 50 % par rapport à 1981 (en francs constants) ; il s'agit naturellement d'une hypothèse de travail seulement.

CHAPITRE 4

LE CADRE DE RÉALISATION DES PROGRAMMES SOLAIRES :
COOPÉRATION BILATÉRALE ET STRUCTURES NATIONALES D'APPUI

I - CONSTATATIONS

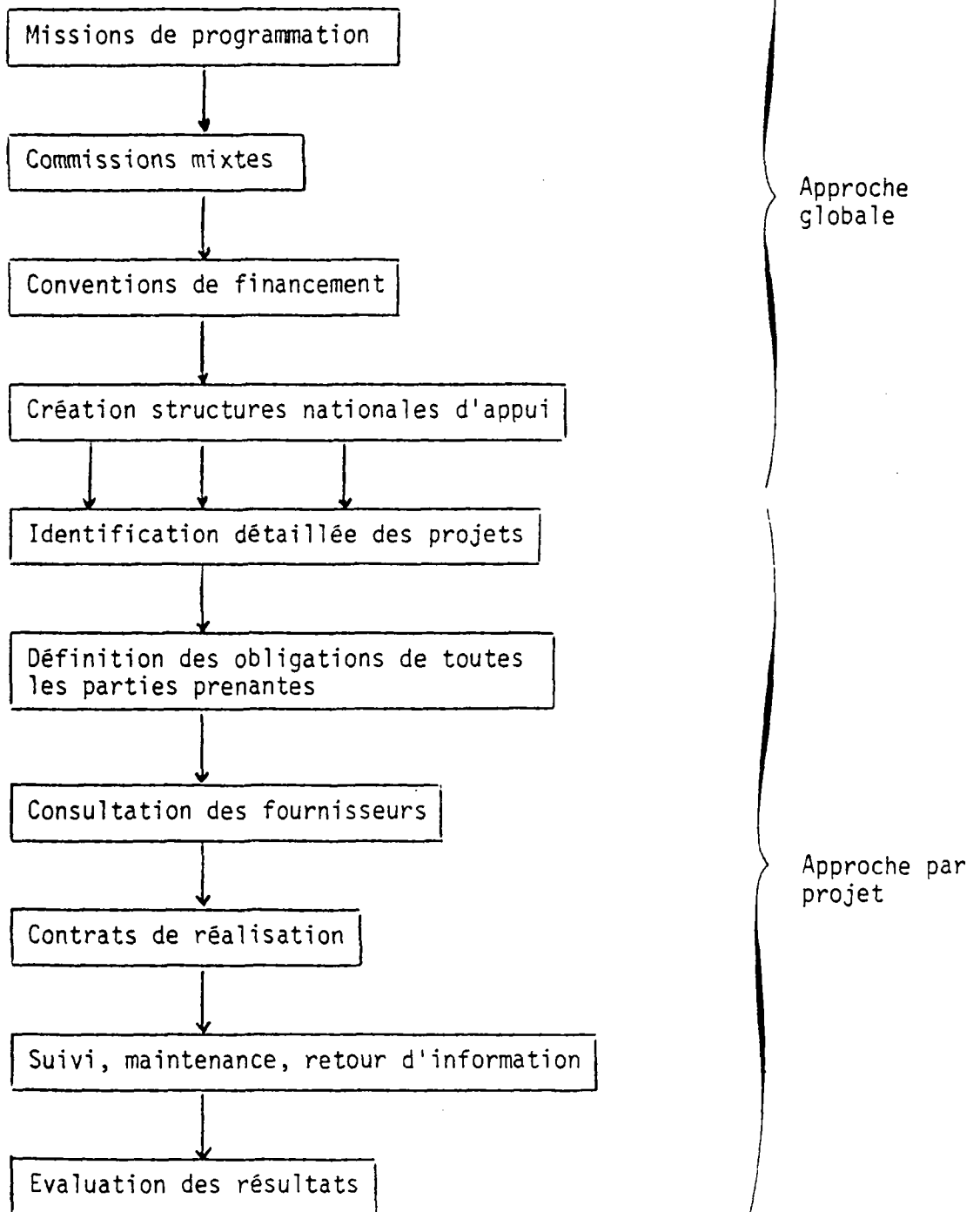
La réalisation de programmes de coopération bilatérale dans le domaine des énergies nouvelles suppose, pour que les projets soient menés à bien, à la satisfaction des deux parties :

- a) qu'une réflexion commune préalable ait eu lieu sur les objectifs à donner à ces programmes ;
- b) qu'un cadre contractuel ait été défini précisant les obligations de chaque partie ;
- c) qu'une structure d'appui locale soit effectivement mise en place avec des moyens adaptés.

En pratique, cette approche rationnelle a rarement pu être mise en oeuvre pour des raisons multiples et la réalisation du programme français, globalement très positif, a rencontré de nombreuses difficultés :

- faiblesse des moyens humains affectés à la gestion de ce programme tant au niveau français qu'au niveau des pays ;
- mauvaise circulation de l'information entre toutes les parties concernées (Ministère Coopération, Mission d'Aide, Administrations locales, industriels, etc) ;
- sous-estimation des difficultés technologiques associés à la mise au point des produits solaires ;
- sous-estimation des problèmes annexes associés à la mise en place d'équipements solaires en milieu rural ;
- définition confuse des responsabilités entre toutes les parties concernées ;
- absence de structures nationales d'appui pour l'identification des projets, le montage, le suivi, l'entretien, etc ; en l'absence de celles-ci, les industriels ont été amenés à assurer de nombreuses tâches sortant de leur vocation ;
- gestion administrative des projets très lourde : retards dans les conventions de financement, nécessité de contrats complémentaires, etc.

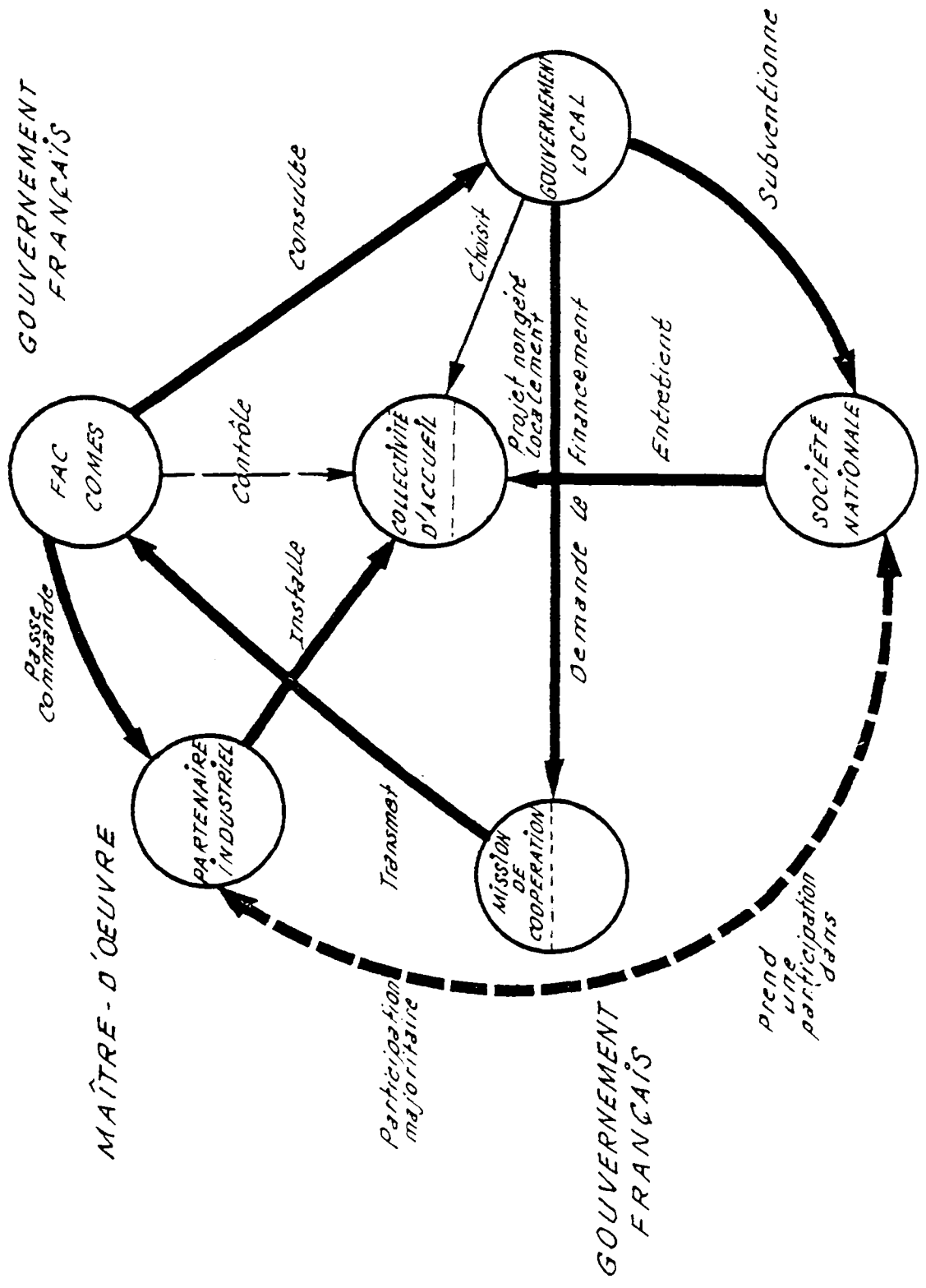
PRINCIPALES ETAPES POUR LA CONDUITE DES PROGRAMMES ENERGIES
RENOUVELABLES.



Projet choisi par collaboration entre le bailleur de fonds et le gouvernement local, non géré localement, dont l'entretien est assuré par une société nationale (le gouvernement français intervenant à tous les niveaux)

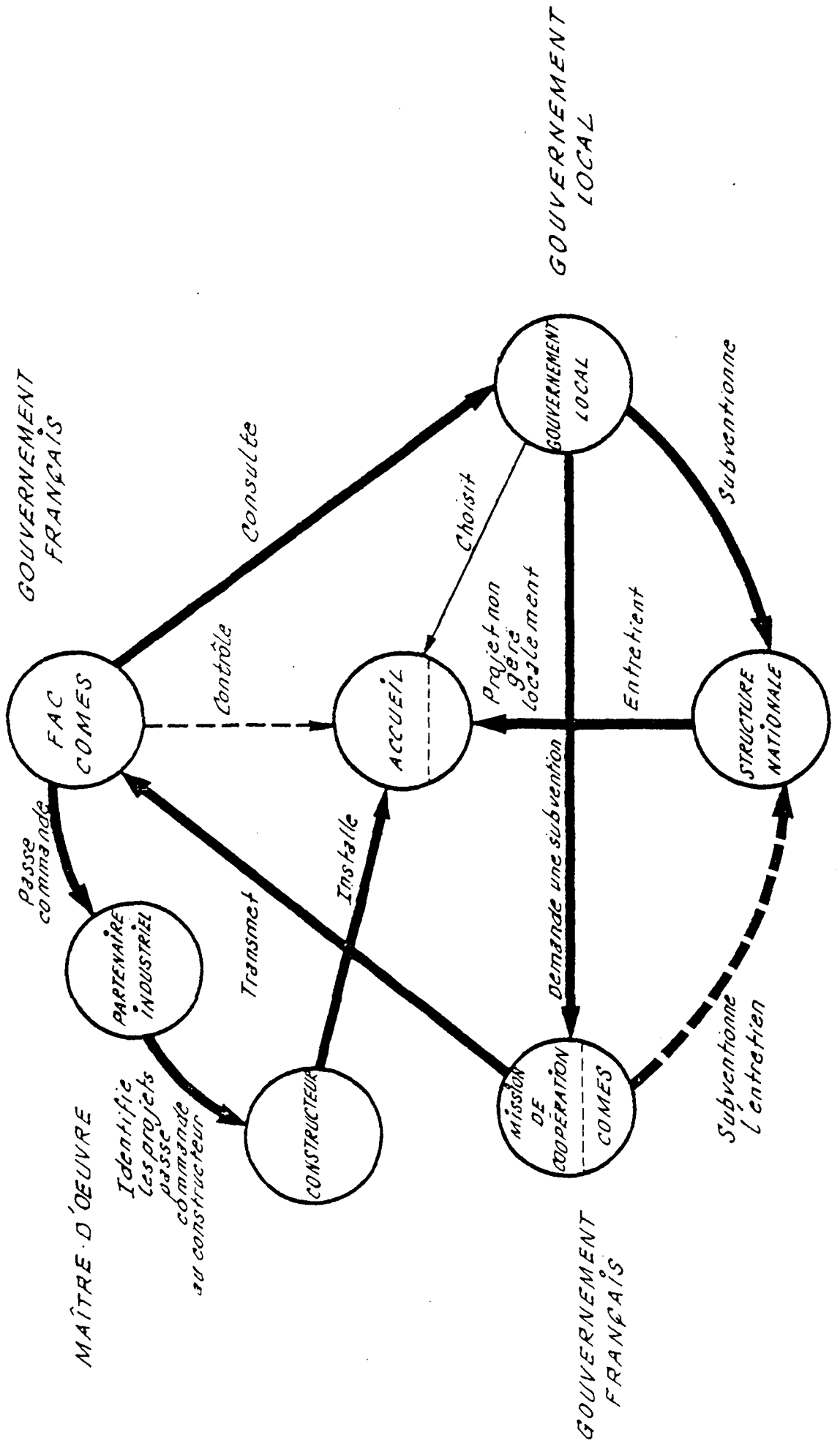
EXEMPLE DE MONTAGE DE PROJET N°1

BAILLEUR DE FONDS



EXEMPLE DE MONTAGE DE PROJET N°2

A2
 Projet choisi par le gouvernement local, en relation avec le gouvernement français (Bailleurs de fonds) le projet, non géo-économique, est adossé à l'économie nationale (école d'ingénieurs)



Ces difficultés, nombreuses, se comprennent assez facilement si l'on tient compte du caractère extrêmement novateur du programme solaire français en Afrique, où la France a joué indiscutablement un rôle de pionnier.

A la fin de ce document, nous proposerons un certain nombre de suggestions pour renforcer cette coopération et lui donner un "nouveau souffle". Nous nous limiterons ici à quelques aspects.

II - RECOMMANDATIONS

2.1. MISSIONS DE PROGRAMMATION PAR PAYS

Les missions de programmation peuvent jouer un rôle essentiel pour :

- . faire le point sur les programmes en cours dans les différents pays,
- . examiner de manière informelle les souhaits, attentes et besoins des différents pays dans ce domaine,
- . identifier les projets et actions intéressantes à soutenir et vérifier qu'elles correspondent aux priorités des Etats concernés,
- . discerner les structures et les personnes susceptibles d'aider à la réalisation des projets envisagés,
- . confronter des points de vue avec d'autres sources d'aide réalisant des programmes similaires ou complémentaires,
- . dresser les axes d'une coopération à moyen terme et en esquisser les moyens,
- . etc...

2.2. COMMISSIONS MIXTES

Plus officielles, les commissions mixtes qui se réunissent à intervalle régulier, doivent aboutir à des engagements en ce qui concerne :

- . les priorités et objectifs,
- . les rôles et responsabilités,
- . les moyens financiers,
- . les outils de réalisation (structure locale d'appui),
- . les modalités d'évaluation.

Nota : Il convient cependant de laisser une certaine souplesse à ces accords compte tenu du caractère très spécifique des programmes énergies renouvelables (réorientation toujours possible).

2.3. CONVENTIONS AVEC LES PAYS

Ces documents doivent être suffisamment détaillés et préciser, notamment :

- . les objectifs poursuivis,
- . les principales actions retenues,
- . les moyens mis en oeuvre par les deux parties (moyens humains et financiers),
- . la répartition des responsabilités entre les nombreux intervenants (responsabilités techniques, administratives, financières, etc),
- . l'identité des maîtres d'ouvrage et la définition des moyens qu'ils mettront en oeuvre pour assurer leur rôle,
- . les conditions fiscales appliquées aux personnes et aux biens affectées à ces projets (nombreux problèmes pour les dédouanements).

On s'interrogera aussi sur l'intérêt respectif de conventions globales par pays (pour tous les projets réalisés au cours de la période considérée) qui remplaceraient des conventions projet par projet extrêmement longues à faire établir et à gérer.

2.4. STRUCTURES NATIONALES D'APPUI (1)

L'absence, dans plusieurs pays, de toute "structure nationale d'appui" explique une grande partie des difficultés rencontrées dans la réalisation des projets.

La structure nationale d'appui devrait être, en pratique, l'outil essentiel pour la réalisation des programmes de coopération. Nous essaierons ci-après d'en cerner le "profil".

a) Objectifs :

- . aider de manière décisive à la réalisation des projets énergies renouvelables retenus comme prioritaires ;
- . assurer la maintenance de ces projets ;
- . former des cadres nationaux ;
- . assister les Autorités dans la définition des programmes énergies renouvelables ;
- . promouvoir la création d'industries locales ou le développement d'un artisanat dans ce domaine.

b) Tâches possibles :

- . identification préalable des projets (cf. chapitre 4) ;
- . promotion et négociation des projets avec les principales parties concernées, recherche des financements ;
- . assistance au montage des équipements ;
- . réception des installations ;
- . maintenance préventive et formation des utilisateurs ;
- . dépannage et entretien ;
- . suivi des installations (réalisation d'interviews auprès des utilisateurs et de mesures régulières) ;
- . évaluation, a posteriori, des résultats ;
- . formation de gardiens, de techniciens de l'administration, etc... ;

(1) Le rôle de ces structures nationales d'appui sera approfondi au cours des chapitres suivants.

- . évaluation technique d'équipements nouveaux, recherche appliquée ;
- . organisation et prise en charge de travaux locaux (génie civil, réseaux hydrauliques, etc) en liaison avec les entreprises locales ;
- . assistance à l'administration : préparation de programmes, évaluation de dossiers, etc... ;
- . etc...

c) Statuts envisageables :

- . société parapublique disposant d'un budget autonome ;
- . participations étrangères souhaitables (organismes publics, industriels éventuellement).

d) Moyens humains :

limités, par exemple :

- . 1 directeur
- . 1 à 2 ingénieurs
- . 3 à 4 techniciens
- . 1 comptable - secrétaire

Il est souhaitable de démarrer avec une équipe restreinte.

e) Moyens matériels :

- . trois ou quatre véhicules, aptes au travail en "brousse"
- . outillage complet
- . matériel de mesures
- . etc...

f) Ressources possibles :

par exemple :

- . subvention annuelle nationale,
- . pourcentage sur projets financés par l'aide étrangère,
- . sous-traitance de travaux pour le compte des industriels,
- . contributions des utilisateurs,
- . honoraires pour certaines études et interventions.

CHAPITRE 5

IDENTIFICATION DES PROJETS

LES ÉTAPES INDISPENSABLES
POUR LA RÉALISATION D'UN PROJET SOLAIRE

INTRODUCTION

Beaucoup de projets fonctionnent mal par suite de l'absence d'une identification initiale suffisante ; cette étape, essentielle pour la réussite d'un projet, a souvent été omise ou traitée avec légèreté.

Ceci explique une très large part des difficultés constatées sur le terrain :

- . mauvaise adaptation des équipements aux besoins exprimés par les utilisateurs,
- . performances attendues, non atteintes, certaines données étant apparues comme fausses,
- . non sensibilisation préalable des utilisateurs ou responsables locaux (il y a des pompes solaires plus ou moins "apatrides"),
- . projets non achevés, en raison de la défaillance des partenaires initiaux,
- . dépassement de devis, certains travaux, indispensables au projet n'ayant pas été prévus,
- . etc.

L'identification initiale des projets, indispensable, est une tâche relativement complexe car elle comporte le recueil d'un grand nombre d'informations techniques, socio-économiques, financières, etc, non immédiatement disponibles ou, lorsqu'elles le sont, peu fiables.

Elle comporte notamment la prise en compte du point de vue de chacune des parties concernées ainsi que leurs priorités ; l'omission de ces échanges initiaux crée, nous l'avons constaté, des situations de blocage ou l'"oubli" de données essentielles.

Nous proposerons ci-après un certain nombre de recommandations visant à permettre une bonne préparation des projets énergies renouvelables.

I - CHOIX DE LA REGION D'IMPLANTATION DU PROJET

1.1. CONSTATATIONS

Les techniques solaires sont encore pour une partie d'entre-elles (1), au niveau de l'expérimentation et du développement ; leurs performances et surtout leur fiabilité sont encore mal connues comme l'ont montré nos évaluations sur le terrain.

Le choix des localisations a été souvent inopportun, à nos yeux ; laissé souvent à la discrétion des Administrations, mal informées, celles-ci ont choisi des sites en supposant que ces matériels étaient totalement fiables et ne demandaient aucune structure d'entretien, ce qui n'est pas le cas. Ceci explique l'échec de plusieurs projets (2).

1.2. RECOMMANDATIONS

- Il conviendrait de limiter le rayon d'implantation des projets faisant appel à des technologies nouvelles à moins de 3 heures de véhicule à partir de capitales ou du siège de la "structure d'appui", soit 150 à 200 km.
- C'est seulement dans une seconde phase, lorsque les produits solaires ont prouvé leur fiabilité sur le terrain que l'on peut se permettre de les implanter dans des régions peu accessibles sous réserve qu'il y ait une infrastructure d'entretien adéquate, des personnels formés, des pièces de rechange, etc...

Ceci nous paraît s'imposer si l'on tient compte des faits suivants :

- que certains sites sont quasiment inaccessibles pendant une période de l'année,
- que les moyens locaux en hommes qualifiés sont encore très limités,

(1) Les pompes photovoltaïques GUINARD échappent, par exemple, à ce jugement.

(2) De ce point de vue, le choix de KARMA est bon, et celui de DIRE discutable.

- que les moyens en véhicules et carburants sont aussi très limités,
- qu'il n'est pas possible de suivre valablement une technologie nouvelle implantée à plus de 200 km de la capitale,
- que le coût des déplacements en véhicule tout terrain est exceptionnellement élevé (plus de 150 F.CFA au km, soit 150 000 F.CFA pour un aller-retour de 1000 km au total sans compter les frais de personnel.

Pour les produits solaires fiables (pompes photovoltaïques, éoliennes multipales), il nous paraît aussi souhaitable d'éviter une trop grande dispersion géographique des projets (équipement progressif d'une région, puis ultérieurement d'une nouvelle région, etc).

Le regroupement des projets dans des régions précises permet de mettre en place de véritables équipes d'entretien dont le coût par équipement installé est raisonnable (ex : pompes GUINARD de la région de SAN entretenues par MALI AQUA VIVA) ; le passage à une autre région ne devrait se faire que dans le cadre de programmes suffisamment importants bénéficiant d'une infrastructure d'entretien valable (1).

II - CHOIX DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

2.1. CONSTATATIONS

L'identification des projets n'a pas assez pris en compte l'environnement social et institutionnel des projets ; un grand nombre de difficultés constatées par la suite, résultent de cette carence ; les missions se sont souvent limitées à une approche technique, elle-même incomplète (2).

(1) En se concentrant sur une région donnée, on diminue les effets négatifs associés au déplacement des populations vers ces nouveaux points d'eau (hydraulique villageoise et pastorale).

(2) Cf. missions d'identification pour les pompes photovoltaïques en Haute-Volta.

La qualité de la structure d'accueil est vitale pour la réussite d'un projet solaire ; de ce point de vue les projets solaires insérés dans des projets de développement soutenus par des organismes caritatifs donnent des résultats nettement meilleurs grâce à la qualité et à la motivation de l'encadrement présent sur le terrain même, qui prend véritablement en charge le projet, se préoccupe de son entretien et de sa bonne utilisation.

2.2. RECOMMANDATIONS

. Ne s'appuyer que sur des structures d'accueil ayant déjà fait la preuve de leur dynamisme, de leurs résultats : les projets solaires ne créent pas le développement, mais le renforcent lorsque celui-ci était déjà là au préalable ; s'appuyer donc de préférence sur des projets de développement existant déjà.

. S'appuyer sur les structures locales mises en place dans le cadre d'opérations de développement intégré; elles sont très présentes sur le terrain et bénéficient de moyens, souvent vitaux pour la réussite des projets (compétences humaines, ateliers d'entretien, véhicules, etc) ; s'assurer que ces opérations ont une bonne image auprès de la population.

. Les O.N.G. (1) ont souvent le très grand avantage d'être profondément insérés sur le terrain même, ils peuvent constituer d'excellentes structures d'accueil : il convient cependant d'évaluer au préalable : leur crédibilité, leur image, leurs réalisations, la qualité de leurs relations avec les Autorités, etc.

. Le "relais" assuré par ces structures d'accueil, est difficilement remplaçable, les administrations centrales n'ont pas les moyens de suivre ces projets de manière approfondie ; le choix de ces structures d'accueil doit, par contre, se faire en accord avec l'administration centrale, les autorités locales, etc ; c'est une condition essentielle pour le succès du projet.

(1) Organismes non gouvernementaux.

. La structure d'accueil doit être consultée et associée dès la phase d'identification : choix des options, fixation des priorités, localisation exacte, mode de gestion du projet, etc.

. Identifier, dès que possible, la personne qui au sein de la structure d'accueil, prendra véritablement en charge le projet, associée dès le début, celle-ci sera beaucoup plus motivée.

III - CHOIX DU VILLAGE ACCUEILLANT LE PROJET - PARTICIPATION LOCALE

3.1. CONSTATATION

Certains projets ont été "attribués" ou "donnés" à tel ou tel village sans consultation préalable de la population, on a alors souvent pu constater un désintérêt de celle-ci pour le projet.

3.2. RECOMMANDATIONS

- a) Choisir un village ayant déjà fait la preuve de son dynamisme par la réussite de projets antérieurs (maraîchage, construction de locaux, etc) (1).
- b) Donner la priorité à des villages, expressément demandeurs, sensibilisés par la réussite d'un autre projet, proche du leur.
- c) S'assurer très clairement du consensus actif de toutes les parties concernées par le projet dans le village.
- d) Eviter à tout prix les projets solaires "cadeau" où la participation des bénéficiaires est nulle, c'est le meilleur moyen de conduire un projet à l'échec comme on a pu le constater.
- e) Les utilisateurs doivent donc participer au projet sous forme d'un effort réel, sous forme de travaux et d'argent dans la mesure du possible ; la participation active des utilisateurs à la réalisation est le meilleur gage pour l'avenir du projet ; le projet devient alors la réalisation du village, sa fierté.

(1) L'ONG CARITAS au Sénégal n'aide que les villages ayant fait la preuve de leur volonté de développement ; la pompe solaire remplace alors une pompe manuelle, particulièrement utilisée pour le maraîchage.

- f) Identifier, en conséquence, dès le départ tous les travaux que le village peut entreprendre lui-même pour réaliser le projet avec un appui technique léger : génie civil, construction du réservoir, pose des conduites, etc.
- g) Formaliser, très tôt, un "canevas" d'obligations réciproques entre le village et ses représentants, la structure d'accueil, la structure nationale de réalisation des projets solaires, l'organisme de financement, etc : chacun doit définir ce qu'il apporte, une "règle du jeu" doit être adaptée d'un commun accord.
- h) Le village doit s'engager dès le départ à prendre en charge un "gardien" responsable de l'équipement (1) et à entretenir celui-ci grâce à des systèmes de cotisation (2) à définir entre les responsables du village.

IV - EVALUATION DES BESOINS DES UTILISATEURS

4.1. CONSTATATION

Près d'une pompe solaire sur trois est mal adaptée aux besoins réels des utilisateurs : capacité insuffisante, mauvais emplacement, équipement hydraulique annexe insuffisant ou non adapté (ex : abreuvoirs pour bovins installés là où il aurait fallu mettre des abreuvoirs pour ovins).

(1) Cette prise en charge peut être sous forme monétaire ou sous forme d'avantages en nature (jardin par exemple).

(2) Ceci a été mis en oeuvre avec succès dans plusieurs projets solaires au Sénégal (Médina Dakar), en Haute-Volta (Markoye), etc.

4.2. RECOMMANDATIONS

Les projets solaires ne doivent pas être "plaqués" sur le village, un processus de discussion doit être entrepris avec les futurs utilisateurs de l'équipement afin :

- d'identifier les divers besoins et leur priorité,
- d'évaluer quantitativement ces besoins aujourd'hui et dans l'avenir,
- d'identifier les conflits possibles entre les groupes,
- de connaître les "attentes" du village,
- de connaître les références de comparaison qui serviront aux paysans à "évaluer" ce projet par rapport à ce qui existe dans des villages voisins (pompes diesel, pompe solaire plus importante, etc.)
- de localiser l'emplacement de ces divers besoins dans le village (localisation des points d'eau pour l'eau domestique, l'abreuvement des animaux, le maraîchage, etc).

V - CHOIX DU SITE PRECIS - DIMENSIONNEMENT DE LA POMPE

5.1. CONSTATATIONS

Il arrive souvent que les pompes solaires soient mal adaptées aux caractéristiques hydrauliques des forages sur lesquelles elles sont installées ; il en résulte des rendements médiocres et des pannes parfois graves.

Les forages sahéliens sont très incertains, il est rare que les caractéristiques hydrauliques annoncées correspondent à la réalité.

Moins de 10 % des forages, au Mali ou en Haute-Volta par exemple, ont un débit suffisant pour alimenter une pompe solaire.

5.2. RECOMMANDATIONS

- a) Ne jamais commander de pompe solaire pour un village précis avant d'avoir réalisé le forage correspondant (1).
- b) Faire confirmer les informations relatives au forage ou au puit fournies par les services hydrauliques, les surprises ayant été nombreuses, dans le doute refaire des essais de débit du forage (débits horaires variables, rabattements) avant de commander la pompe.
- c) Enquêter dans le village, notamment auprès des anciens, sur la pérennité des ressources en eau des puits et forages, notamment en saison sèche.

- d) La pompe doit être dimensionnée pour la saison sèche au moment où le niveau dynamique est très bas et le débit le plus faible ; prévoir un niveau de crépine assez bas pour éviter des risques potentiels d'assèchement, déjà constatés sur le terrain.

Faire attention à l'emplacement du forage par rapport à la localisation des demandes en eau ; il est parfois plus économique de faire un nouveau forage que d'utiliser un forage actuel éloigné, les réseaux de distribution sont en effet extrêmement coûteux en Afrique.

Ne motoriser le forage ou le puits que si cela est justifié (volume de la demande, débit du forage, possibilité de subvenir à l'entretien, etc).

- e) Garder une bonne marge entre le débit minimum du forage et le débit de la pompe solaire.

(1) Cas de certaines pompes en Haute-Volta implantées avant d'avoir un forage adapté (THIOU, KASSOUM).

- f) Lors du choix de la pompe solaire, ne pas oublier que le débit réel dans les conditions africaines, peut être sensiblement inférieur aux valeurs nominales annoncées par le constructeur (effet de la température, variation de la H.M.T., etc).
- g) Se garder d'annoncer aux futurs utilisateurs un débit trop important : risque de forte déception si le débit réel est nettement plus faible que celui annoncé, obligeant à réduire l'ampleur des projets d'utilisation de l'eau (30 % d'eau en moins signifie 30 % de surface cultivée en moins, dans le cas du maraîchage par exemple).
- h) Ne pas mettre de pompe solaire sur un puits qui servira simultanément à la population (puisage manuel) ; le sable soulevé détériorera la pompe.
- L'équipement hydraulique complémentaire est aussi important que la pompe même, sa définition et son financement doivent être prévus dès le début (château d'eau, bornes syphoïdes, conduites, vannes, abreuvoirs, etc) ; plusieurs pompes solaires sont mal utilisées faute de ces aménagements.
- i) Prévoir systématiquement une solution de secours pour le village en cas de panne de la pompe solaire ; il n'est pas acceptable de priver totalement d'eau un village, comme cela a pu être constaté sur le terrain.

VI - REALISATION DE L'ETUDE D'IDENTIFICATION : QUI DOIT LA FAIRE ? PRISE EN CHARGE DE SON COUT

L'analyse ci-dessus nous a montré que la préparation sérieuse d'un projet supposait un travail initial non négligeable, essentiel pour la bonne réussite du projet, le bon choix des équipements, etc.

6.1. QUI PEUT LA FAIRE ?

- . Pour les projets peu importants, dont les investissements ne dépassent pas 200 000 FF par exemple, l'étude d'identification doit être réalisée, autant que possible, par la "structure nationale", mise en place pour la préparation, l'installation et le suivi des projets solaires, dont nous avons parlé précédemment (cf. chap.3), cette structure s'appuyant, notamment, sur la structure d'accueil pressentie pour aider à la réalisation du projet.

- . Pour les projets importants, il nous paraît souhaitable que cette structure nationale se renforce avec des experts extérieurs, compétents pour le problème posé.

6.2. QUE DOIT CONTENIR CETTE ETUDE ? QUI DOIT LA RECEVOIR ?

Ce document, d'importance variable suivant la nature du projet doit contenir un maximum d'informations utiles :

- localisation
- structure d'accueil
- caractéristiques techniques du projet
- évaluation des besoins
- choix techniques et alternatives
- organisation pratique
- engagements des différentes parties
- impact probable du projet sur le développement du village
- contribution financière locale
- ordre de grandeur des coûts du projet
- etc.

Elle doit être largement distribué à toutes les parties concernées : administrations, structure locale d'accueil-ONG, représentant local de la source de financement, industriels et entreprises locales susceptibles de fournir les équipements, etc.

6.3. COMMENT FINANCER CETTE ETUDE D'IDENTIFICATION ?

L'étude d'identification, détaillée ou rapide suivant la nature du projet, est toujours indispensable.

Un mécanisme de financement de ces études (1) doit donc être mis en place, plusieurs solutions sont envisageables :

- . marge de x % sur tous les projets réalisés,
- . fonds annuel, mise à disposition par les organismes d'aide et le gouvernement local,
- . négociation, au coup par coup, cette dernière solution étant probablement très lourde.

(1) Le coût de ces études peut représenter de 5 à 10 % du montant des investissements suivant la taille du projet.

CHAPITRE 6

PREPARATION DES CONTRATS

I - CONSTATATIONS

En l'absence, la plupart du temps, d'études préliminaires d'identification et d'un personnel suffisant au sein des organismes d'aide, une bonne part des marchés ont été passés sur la base d'offres particulièrement floues où beaucoup d'informations essentielles manquaient :

- . caractéristiques des équipements fournis
- . performances nominales et conditions de mesure de celles-ci
- . devis détaillés
- . conditions de garantie
- . conditions d'entretien
- . etc.

Le caractère très imprécis de ces marchés, même en présence d'interlocuteurs de bonne foi, rend très difficile l'évaluation de ces projets : qu'â-t-on promis au moment de la signature du marché ?

Les contrats avec les industriels ont été effectivement difficiles à mettre en oeuvre dans la mesure où :

- . les produits étaient mal définis au départ, obligeant à des redéfinitions ultérieures des matériels et à la passation d'importants marchés complémentaires,
- . les conditions de mise en service étaient mal connues au départ, obligeant là encore, à passer des marchés complémentaires pour la prise en charge de certaines infrastructures,
- . les frais de transport ont souvent été sous estimés dans les premiers marchés,
- . les contrats étaient particulièrement vagues en matière d'entretien et de garanties,
- . le contrôle des performances n'avait pas été explicitement prévu, méthode de contrôle, pénalités, etc, tant au cours de la réalisation du contrat qu'à la réception provisoire,

- . d'importants retards ont été subis sur certains projets par rapport aux plannings initiaux entraînant des hausses significatives pour certains coûts,
- . aucune prestation logistique n'était prévue dans le cadre du marché (documentations techniques, pièces de rechange, outillages).

Les contrats n'étaient, par ailleurs, pas toujours adaptés pour des réalisations pilotes, la construction de prototypes, etc ; il aurait notamment été souhaitable de pouvoir distinguer les coûts de recherche et développement, toujours élevés pour un prototype, des coûts des matériels et services ; l'agrégation de tous ces coûts, pour des raisons administratives, conduisant à des devis très éloignés de la réalité et susceptibles de fausser les jugements d'appréciation.

II - RECOMMANDATIONS

- a/ Ne concevoir que des projets complets "service en main" : il faut donc inclure tous les investissements nécessaires, tant au niveau des matériels en amont et en aval (exemple : réseau de distribution d'eau, prise d'eau, locaux techniques, pièces de rechange, équipement de secours) qu'au niveau des services : identification, suivi, réception, formation, dédouanement, transport, maintenance, etc.
- b/ S'assurer très clairement du consensus actif des parties concernées et formaliser par écrit les obligations réciproques et leurs conditions de mise en oeuvre. Notamment bien délimiter les répartitions de fourniture entre les différents prestataires.
- c/ Eviter la précipitation, l'expérience montre qu'en fait elle fait perdre du temps par la suite ; les contrats avec les industriels doivent suivre l'étude d'identification et non la précéder.
- d/ Ne pas faire des contrats similaires pour des produits "industriels" et des produits "en développement" ayant le caractère de prototypes ; les exigences et les étapes sont en effet fort différentes.
- e/ Mettre au point des contrats types détaillés prenant en compte un grand nombre d'aspects, par exemple :
- description détaillée des matériels,
 - description détaillée des services,
 - définition claire des performances nominales contractuelles et de leurs conditions correspondantes de mesure : fourniture de tableaux de performances horaires ou journaliers en fonction du rayonnement solaire, de la HMT, de la température, etc (une performance nominale pour un ensoleillement donné unique de 1 KWh/m² ou 6,5 KWh/m²/j pour une hmt unique et une température unique est inutilisable pour une réception sérieuse).

- Définition de la méthodologie de réception provisoire et des pénalités encourues si les performances contractuelles ne sont pas atteintes.
 - Documentation détaillée pour :
 - la conduite de l'équipement
 - le diagnostic des pannes
 - la maintenance préventive
 - les réparations.
 - Définition des modalités de paiement.
 - Définition claire des sous traitance locales : étendue, identité, montants.
 - Définition des garanties pièce et main d'oeuvre, conditions de mises en oeuvre.
 - Description du système après-vente.
 - Planning.
 - Formation liée au projet
 - Etc...
- f/ Sous traiter localement tout ce qui peut l'être raisonnablement (est-il raisonnable d'importer de France des cratères d'eau ?) ; les industries locales peuvent réaliser une part non négligeable des équipements : supports, châssis, génie civil, etc.
- g/ Le contrat doit prévoir un processus précis d'information des principales parties (1) aux étapes clefs de la réalisation du projet (1), trop souvent l'entreprise ne rend aucun compte, ou seulement lorsqu'il est trop tard ...

(1) Notamment du représentant local désigné par l'organisme d'aide.

CHAPITRE 7

RÉCEPTION DES PROJETS

I - CONSTATATIONS

Les équipements solaires installés n'ont, pour la plupart, jamais été véritablement réceptionnés.

Dans le plupart des cas, les responsabilités en matière de réception sont particulièrement confuses et les représentants locaux des organismes d'aides ne sont pas équipés en moyens humains et techniques pour assurer seuls cette tâche.

Aucun budget ne semble avoir été prévu pour faire assurer cette tâche par des techniciens qualifiés.

Les réceptions, si elles avaient eu lieu, auraient, malgré tout, été difficiles faute de contrats précisant les obligations exactes du fournisseur.

II - RECOMMANDATIONS

Prévoir systématiquement une réception provisoire des installations sur le terrain ; en effet, c'est le seul moyen pour vérifier si :

- tous les équipements ont bien été livrés et sont conformes aux spécifications du marché,
- l'exécution du projet est soignée à tous points de vue,
- les performances réelles constatées correspondent aux valeurs annoncées par le constructeur,
- l'industriel a bien formé les utilisateurs de l'équipement,
- un service local pour l'entretien a été mis en place,
- les documents de fonctionnement, d'entretien et de diagnostic ont bien été remis aux utilisateurs,
- la prise en charge du projet sera assurée dans de bonnes conditions (gardien, entretien, gestion, etc),

- le bénéficiaire est satisfait du projet (services fournis correspondant aux besoins réels),
- etc.

. Pour que la réception provisoire prenne tout son sens, il nous paraît souhaitable qu'un pourcentage des paiements soit associé aux résultats de la réception provisoire.

. Par ailleurs, la réception provisoire est particulièrement utile du point de vue technique pour permettre le suivi des performances d'un équipement dans le temps (générateur photovoltaïque par exemple) ; elle constitue en effet une "base de références" à laquelle on se reportera pour mesurer les évolutions dans le temps.

. En l'absence d'une procédure de réception, la notion de garantie du constructeur, perd beaucoup de sa valeur.

. Cette réception provisoire devrait dans la mesure du possible être suivie par les personnes suivantes :

- un technicien, représentant du constructeur,
- un technicien, issu de la structure nationale d'appui aux projets solaires, qui peut éventuellement représenter le bailleur de fonds, en l'absence de celui-ci (petits projets),
- un représentant de l'Administration locale,
- un représentant du bailleur de fonds,
- un représentant de l'ONG locale ou de la structure d'accueil promotrice du projet,
- un représentant du village.

- . La réunion de ces personnes, peut être l'occasion, en addition au "constat" technique, d'un échange de points de vue intéressant sur le terrain même, permettant de prendre conscience de l'utilité du projet, des difficultés rencontrées, etc ...

- . Un procès-verbal signé, devra conclure cette réception provisoire : il reprendra les principaux résultats des mesures effectuées, l'ensemble des constatations effectuées, les réserves éventuelles du client, etc ...

- . Le coût de cette réception provisoire peut être budgété dès l'origine pour les projets importants ; le matériel de mesure, nécessaire, amené par le technicien devrait être disponible à la structure nationale d'appui ; son prix d'achat est modique.

CHAPITRE 8

SUIVI TECHNIQUE, MAINTENANCE, RETOUR DE L'INFORMATION

-

I - CONSTATATIONS

Peu de projets ont fait l'objet d'un suivi régulier depuis leur réalisation, dans un certain nombre de cas, les projets sont dans un état inconnu faute de visites depuis plus d'un an.

L'absence d'un système de maintenance périodique explique pour une large part les difficultés rencontrées par les pompes thermodynamiques 1 kW ; des pannes mineures, non réparées à temps, ont parfois abouti à une dégradation profonde des installations.

Le "feed-back" des informations vers les constructeurs, les organismes de coopération, les administrations, etc, a gravement fait défaut ; en l'absence de celui-ci, les expériences réalisées, à tort ou à raison sur le terrain, ont perdu beaucoup de leur intérêt.

Des efforts récents montrent que des résultats très positifs peuvent être obtenus avec peu de moyens (suivi technique des installations photovoltaïques de la région de SAN, grâce à l'aide du Ministère Français de la Coopération et du COMES).

II - RECOMMANDATIONS

2.1. ENTRETIEN COURANT

a) L'entretien courant (entretien préventif + réparations mineures) doit être confié à la structure d'accueil du projet.

b) Il convient de donner à celle-ci :

- une notice d'instructions pour la conduite de l'installation,
- un document permettant le diagnostic des principaux incidents,
- un cahier de consignes pour l'entretien de routine,
- les coordonnées de la société, ou des personnes à faire prévenir sans délais en cas de panne.

- c) Le gardien de l'équipement doit être choisi avec précaution car son rôle est essentiel ; il est souhaitable qu'il soit instruit.
- d) Sa formation ne doit pas être bâclée, le bref contact avec les monteurs de l'installation est généralement insuffisant.
- e) Le gardien, après formation adaptée, doit être à même de prendre des initiatives face à des situations variées qui auront été étudiées avec son formateur : telle situation appelle telle action ...
- f) Naturellement le gardien doit être doté de quelques outils et pièces de rechange indispensables.
- g) Il est souhaitable que le gardien tienne un cahier où il reporte ses heures de présence, les débits d'eau constatés, la météorologie du jour, l'entretien réalisé, les incidents constatés, les visites de personnes extérieures, les dates de ses demandes d'intervention, etc.

2.2. ENTRETIEN APPROFONDI - SUIVI - FEED BACK

La "structure nationale d'appui aux projets solaires" devrait, ici, assurer quatre ou cinq missions :

- a) Visiter à intervalles réguliers (3 à 6 mois) chaque installation afin :
 - d'inspecter en détail l'état des équipements,
 - de vérifier que la maintenance préventive est bien effectuée,
 - de mesurer les performances de l'installation,
 - de discuter avec le gardien sur les problèmes rencontrés, de soutenir ses efforts (formation, pièces de rechange, etc),
 - de prendre contact avec les utilisateurs locaux (qualité du service fourni).
- b) Dépanner rapidement les installations en panne ou faisant l'objet d'incidents anormaux grâce à l'envoi immédiat d'un technicien qualifié doté de moyens de travail suffisants.

- c) Transmettre de l'information en retour à toutes les parties concernées (feed-back) : fiches de mesures, rapports de fonctionnement, compte rendu d'entretiens avec les utilisateurs, etc.
- d) Servir de relais pour l'appel aux fournisseurs dans le cadre de la garantie.
- e) Eventuellement représenter le fournisseur sur place, celui-ci rémunérant alors la structure nationale d'appui (contrat d'assistance).

2.3. FINANCEMENT

Un budget annuel doit être constitué pour assurer la couverture des frais de fonctionnement de cette structure légère ; ce budget peut provenir :

- de subventions annuelles de l'Etat,
- de subventions annuelles de l'organisme d'aide,
- d'une contribution des industriels fournisseurs des équipements, dont le budget entretien est réduit du fait de la présence de cette structure locale (économie de frais de voyage et de mission, économie de main d'oeuvre),
- d'une contribution minime de la part des utilisateurs,
- de la refacturation des services accomplis.

CHAPITRE 9

RÉSUMÉ DES PRINCIPAUX FACTEURS
DE REUSSITE D'UN PROJET SOLAIRE

Exemple : pompe solaire

LES PHASES SUCCESSIVES DU PROJET	ASPECTS ESSENTIELS A PRENDRE EN COMPTE	PRINCIPAUX ACTEURS
IDENTIFICATION INITIALE	<ul style="list-style-type: none"> - Choix d'une région d'implantation à distance raisonnable des structures d'entretien (intérêt des projets assez regroupés) - Identification d'une structure d'accueil fiable, volontaire, ayant réussi des projets de développement dans la région. - Choix d'un village, expressément demandeur prêt à participer activement au projet et à valoriser l'équipement solaire envisagé. - Recueil préliminaire de données sur les besoins locaux, les ressources en eaux, etc ... 	<ul style="list-style-type: none"> - "Structure nationale d'appui" (cf. chapitre 4) - Structure locale d'accueil - Village concerné - Administration
ETUDE D'IDENTIFICATION DETAILLÉE	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse fine des besoins du village - Choix du site d'implantation - Etude approfondie des caractéristiques hydrauliques du point d'eau - Définition des équipements principaux et annexes à mettre en place - Evaluation des possibilités de participation locale de la population (financement + main d'oeuvre) - Définition des obligations entre les parties prenantes - Préparation consultation fournisseur : rédaction cahier des charges précis - Recherche du financement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure locale d'accueil - Structure nationale d'appui renforcée éventuellement d'experts extérieurs - Contacts avec les fournisseurs - Contacts avec les administrations techniques - Contacts avec les représentants organismes d'aide et l'Etat.
PREPARATION CONTRAT DETAILLE	<ul style="list-style-type: none"> - Dépouillement des offres - Mise au point d'un contrat précis et exhaustif - Organisation des travaux et contributions des différentes parties prenantes - Inclure un compteur volumétrique dans l'investissement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure locale d'accueil - Structure nationale d'appui - Représentants administrations et organismes d'aide
CONSTRUCTION DES EQUIPEMENTS GENIE CIVIL	<ul style="list-style-type: none"> - Visite en usine avant expédition - Inspection des travaux sur le site 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure nationale d'appui
MONTAGE RECEPTION	<ul style="list-style-type: none"> - Prévoir réception complète du projet avec mesures sur place - Vérification que tous les engagements prévus au contrat sont tenus 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure locale d'accueil - Structure nationale d'appui - Administration et organismes d'aide.
FORMATION	<ul style="list-style-type: none"> - Doit être prévue sérieusement - Remise de documents nécessaires (entretien, dépannage, liste pièces, etc) 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure nationale d'appui - Fournisseur matériel
ENTRETIEN - préventif - réparations	<ul style="list-style-type: none"> - Doit être mis en place dès le départ formation de l'utilisateur, outillage, etc - Une infrastructure spécifique doit être mise en place pour intervenir rapidement (pièces détachées sur place, outillage spécialisé, etc) 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisateurs - structure locale d'accueil - Structure nationale d'appui - représentant fournisseur
FEED BACK EVALUATION	<ul style="list-style-type: none"> - Renvoi régulier d'informations techniques et socio-économiques sur les performances du projet - Cahier de fonctionnement rempli par le gardien : mesures, incidents, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure nationale d'appui

Liste non exhaustive - cf. chapitre précédent.

CHAPITRE 10

-

- . IDENTIFICATION DES APPLICATIONS LES PLUS PROMETTEUSES ET LES PLUS UTILES
- . RECHERCHE D'AXES POUR UN DÉVELOPPEMENT ACCÉLÉRÉ DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Nous avons vu dans les chapitres précédents que les programmes énergies renouvelables réalisés en Afrique de l'Ouest, ont obtenu des résultats, sinon parfaits, du moins très positifs qui justifient un très large accroissement de cet effort dans le cadre de programmes nationaux et régionaux plus structurés.

Dans ce dernier chapitre nous essaierons :

- a/ De préciser la contribution que peuvent apporter les énergies renouvelables aux différents secteurs de l'économie.
- b/ De sélectionner quelques applications parmi les plus prometteuses et les plus utiles.
- c/ De réfléchir sur les moyens de promouvoir rapidement ces applications à une échelle significative.

I - CONTRIBUTION DES ENERGIES RENOUVELABLES AUX DIFFERENTS SECTEURS DE L'ECONOMIE.

Les énergies renouvelables peuvent dès aujourd'hui prendre une place significative dans la plupart des secteurs de l'économie :

- . développement rural
- . santé
- . équipement et transport
- . télécommunications et information
- . éducation-recherche
- . industrie.

II - SELECTION DE QUELQUES APPLICATIONS PARMi LES PLUS PROMETTEUSES ET LES PLUS UTILES.

Nous avons vu précédemment que les énergies renouvelables peuvent, ou pourront d'ici 5 à 10 ans, répondre de manière intéressante à une grande quantité de besoins énergétiques associés au développement.

Nous sélectionnerons ci-après les technologies ou les produits qui nous paraissent mériter une certaine priorité du fait :

- . qu'ils satisfont à des besoins énergétiques essentiels,
- . que leur technologie est déjà confirmée, sinon à l'état industriel,
- . que leur coût d'utilisation est déjà compétitif avec les solutions conventionnelles ou le sera d'ici 5 ans environ.

2.1. CUISINIÈRES AMÉLIORÉES

Leur intérêt et leur urgence sont tels que nous plaçons cette application en priorité.

2.2. POMPAGE

- . pompes photovoltaïques pour l'irrigation des "périmètres villageois" de quelques hectares (2 à 5 Kwc environ),
- . pompes photovoltaïques pour le maraîchage à titre individuel (250 watts crête environ) ou collectif (1 à 3 Kwc),
- . pompes photovoltaïques pour l'hydraulique villageoise, lorsque la motorisation est indispensable seulement (1 à 1,5 Kwc) ; la traction animale étant une alternative souvent plus intéressante,
- . éoliennes multipales pour l'alimentation de petites collectivités, l'abreuvement du bétail, le maraîchage.

2.3. ECLAIRAGE

Petits systèmes d'éclairage photovoltaïque prévus pour l'alimentation :

- . de centres de santé (maternité, etc)
- . d'écoles assurant des cours du soir

. d'habitations.

Les systèmes d'une puissance comprise entre 30 et 300 Watts crête environ alimentent par l'intermédiaire de batteries des petits tubes fluorescents de 10 W.

2.4. REFRIGERATION

Réfrigérateurs photovoltaïques pour la conservation des médicaments et vaccins.

2.5. TELECOMMUNICATIONS

Le photovoltaïque constitue dès aujourd'hui la solution la plus économique et la plus fiable pour :

- . l'alimentation de faisceaux hertziens (répéteurs),
- . de réémetteurs TV,
- . de récepteurs TV communautaires,
- . d'équipements de téléphonie en milieu rural non électrifié,
- . etc.

2.6. EAU CHAUDE-VAPEUR

Les chauffe-eau solaires, déjà fabriqués dans plusieurs pays (Niger, Sénégal, etc) méritent une diffusion infiniment plus large qu'aujourd'hui :

- . dans les collectivités : hôpitaux, écoles, centres de formation,
- . dans les hôtels,
- . dans l'habitat individuel en dur.

Par ailleurs nous pensons que l'introduction de la chaleur solaire sera rapidement économique dans les industries suivantes :

- | | |
|--------------|---------------------------|
| . textile | . industries alimentaires |
| . tanneries | . abattoirs |
| . brasseries | . conserveries |
| . etc | |

qui ont d'importants besoins de chaleur à moyenne température.

2.7. VALORISATION DES DECHETS VEGETAUX DANS LES AGROINDUSTRIES

La valorisation des déchets végétaux d'usinage (bagasses, coques d'arachides, parches de café, balles de riz, etc) est déjà pratiquement toujours rentable par rapport aux combustibles pétroliers. La plupart des techniques utilisées pour cette valorisation sont classiques. Il en est de même pour les déchets des industries du bois.

III - COMMENT PROMOUVOIR RAPIDEMENT LES ENERGIES RENOUVELABLES A UNE ECHELLE SIGNIFICATIVE ?

3.1. NECESSITE D'UN ACCROISSEMENT IMPORTANT DES EFFORTS

Un "programme de développement accéléré des énergies renouvelables" dans les PVD nous paraît aujourd'hui indispensable compte tenu :

- . de la situation énergétique très difficile, sinon dramatique dans la plupart des PVD (balance des paiements, désertification) ;
- . du besoin urgent de relancer le développement rural sur des bases saines, sans dépendance excessive vis-à-vis de l'extérieur ;
- . des progrès considérables accomplis dans les technologies utilisant les énergies renouvelables ; une partie d'entre elles ayant fait la preuve de leur fiabilité, de leur acceptabilité et de leur compétitivité ;
- . de la lenteur anormale de progression de ces technologies dans les PVD par suite de l'inadaptation des moyens de formation actuels et de l'absence de systèmes de financement adaptés.

3.2. DEUX IMPERATIFS ESSENTIELS POUR REUSSIR

3.2.1. La formation

Les énergies renouvelables ne progresseront pas tant qu'elles resteront confinées dans quelques universités ou centres de recherche. D'importants programmes de formation doivent être entrepris à tous les niveaux pour former :

- . les techniciens et prescripteurs appartenant à l'administration ou aux sociétés nationales (santé, télécommunications, hydraulique, électricité, navigation aérienne, etc) ;
- . des techniciens du développement rural ;
- . des équipes d'installation et d'entretien ;
- . etc ...

Des programmes régionaux et nationaux doivent être mis sur pied dans les meilleurs délais ; en Afrique de l'Ouest, le Centre Régional d'Energie Solaire de Bamako (C.E.A.O.) devrait jouer un rôle essentiel dans la mise sur pied de véritables programmes de formation.

3.2.2. Le financement

Les équipements utilisant les énergies renouvelables, sont souvent, plus coûteux à l'investissement que les équipements conventionnels mais ont, par contre, des coûts récurrents considérablement inférieurs.

En terme de coût annuel total (amortissement financier + frais de fonctionnement) l'avantage évolue très nettement en faveur des équipements solaires au fur et à mesure que leurs prix d'achat baissent et que les coûts des carburants et de la maintenance augmentent (carburants à 4FF/L dans une bonne partie des pays francophones).

Il reste que faute de moyens de financement appropriés tant au niveau national, qu'international ou régional on risque de constater une progression très lente pour l'introduction de ces matériels solaires.

Il faut, pour les technologies confirmées, sortir du stade "opération de démonstration".

Nous recommandons :

- . que les administrations nationales confirment concrètement leur volonté de développement des énergies renouvelables par
 - l'étude systématique des variantes solaires dans leurs projets d'investissement,
 - l'inscription de lignes de budgets pour des réalisations solaires, dans leurs budgets d'équipements.;

- . que parallèlement l'aide régionale, bilatérale ou multilatérale incorpore systématiquement des "volets solaires" dans les programmes sectoriels d'aide (hydraulique, santé, télécommunications, etc).

La mise à disposition de quelques pour cent des montants associés à ces programme permettrait d'accélérer considérablement le développement du solaire tout en soutenant un développement rural, plus autonome (diminution des frais récurrents).

- . que soit mis en place des systèmes de crédit adaptés permettant aux utilisateurs privés (particuliers ou petites collectivités) de surmonter le handicap d'un coût d'investissement élevé.

ANNEXE]

EXEMPLES DE :

- CHECK LIST POUR L'IDENTIFICATION DES PROJETS
 - FICHES TECHNIQUES
 - FICHE ADMINISTRATIVE
 - FICHE FINANCIÈRE
 - FICHE DE SUIVI ADMINISTRATIF
 - FICHES DE SUIVI TECHNIQUE.
-

CHECK LIST - IDENTIFICATION D'UN PROJET

- Région d'implantation :

1. La localisation envisagée est-elle compatible avec l'état de développement de la technologie solaire considérée ?
2. Y a-t-il d'autres projets solaires dans cette même région ?
3. Qui assure aujourd'hui la maintenance des projets déjà implantés dans cette région ?

- Structure d'accueil :

4. Y a-t-il une réelle structure d'accueil pour le projet envisagé ? Qui est-elle ?
5. Quelles références apporte cette structure d'accueil ? qu'a-t-elle réussi ? Quel est son dynamisme ?
6. Cette structure d'accueil a-t-elle une bonne image ? Quelle est la qualité de ses relations avec les Autorités locales ?
7. La structure d'accueil envisagée a-t-elle déjà été consultée sur ce projet ? Est-elle véritablement associée ?
8. Quelles sont l'identité et les coordonnées de la personne responsable du projet au sein de cette structure d'accueil ?

- Choix du village :

9. Qui a choisi le village, envisagé pour la réalisation du projet ? Etait-il demandeur ?
10. Y a-t-il un consensus réel dans le village en faveur de ce projet ? Toutes les parties concernées ont-elles été écoutées ?
11. Le village a-t-il déjà fait la preuve de son dynamisme par la réussite de projets antérieurs ? lesquels ?
12. Les bénéficiaires du projet ont-ils déjà pris des engagements pour participer effectivement à la réalisation du projet, sous forme de travail ou sous forme de contribution monétaire ?
13. Qui prendra en charge les frais de fonctionnement et d'entretien du projet ? Des engagements ont-ils déjà été exprimés ?

14. Quels travaux le village peut-il accomplir lui-même pour diminuer les coûts d'investissement ?
 15. Le projet rentre-t-il dans le cadre d'un projet de développement plus large ? En quoi consiste-t-il ?
- Evaluation des besoins des utilisateurs :
16. Comment celle-ci a été faite ? Quelles normes ont été retenues ?
 17. A-t-on pris une marge suffisante ?
 18. Les performances envisagées correspondent-elles aux attentes des futurs utilisateurs ?
 19. La localisation exacte de ces besoins a-t-elle été établie ? (emplacement des points d'eau par exemple)
 20. Comment sont aujourd'hui satisfaits ces besoins ? Quantités, qualité du service, etc ?
- Dimensionnement des équipements :
21. La motorisation est-elle indispensable ? possibilité de pompes à main, à pied, traction animale ?
 22. Les données techniques du forage (puits) ont-elles été vérifiées récemment ? Quand ? Comment ?
 23. La pompe solaire est-elle bien dimensionnée pour tenir compte de la baisse du débit et des niveaux dynamiques en saison sèche ?
 24. Le débit réel de la pompe envisagée est-il adapté aux besoins évalués ci-dessus ?
 25. A-t-on prévu un aménagement complet, sans oublier les équipements hydrauliques complémentaires : stockage, distribution, abreuvoirs, bornes fontaines, etc ?
 26. A-t-on prévu une solution de secours en cas de panne ? laquelle ?
- Devis estimatif :
27. Comment celui-ci a-t-il été estimé ? par qui ?
Donner une décomposition de ce dernier ?
Quel "montage" est envisagé pour le financement du projet ?

Nota : Cette liste est loin d'être exhaustive, elle a essentiellement pour but de rappeler qu'une étude d'identification sérieuse suppose la collecte d'un grand nombre d'informations. Elle doit être complétée par des fiches techniques s'inspirant des modèles joints.

I_A - FICHE TECHNIQUE POMPAGE PHOTOVOLTAIQUE

PAYS : LOCALITE : DISTANCE .
CAPITALE : Km ACCES :

DATE D'INSTALLATION : USAGE PRINCIPAL :

CARACTERISTIQUES DU FORAGE OU DU POINT D'EAU :

. diamètre intérieur : pouces . côte maxi du cours d'eau : m.
. profondeur totale : m. . côte mini du cours d'eau : m.
. longueur tubage : m. . débit moyen : m³/s
. niveau statique mini : m. . observations :
. niveau dynamique mini : m.

CARACTERISTIQUES DE LA POMPE :

. marque : type : . nombre d'étages :
. hauteur manométrique totale : m_s . rendement nominal : %
. débit horaire nominal (1) : m³/h. . débit journalier nominal (1) : m³/j.

STOCKAGE HYDRAULIQUE ET RESEAU DE DISTRIBUTION :

. volume réservoir : m³ . Nbre de jours de consommation : j.
. hauteur réservoir : m . perte de charge dans le réseau : m.
. principales installations annexes :

EQUIPEMENT PHOTOVOLTAIQUE

MODULES :
. marque :
. type :
. puissance crête : W
à 25°C
. tension : V
. intensité : A

MOTEUR :
. marque :
. type :
. puissance nominale : W
. rendement nominal : %

EQUIPEMENTS ANNEXES :
. ARMOIRE COMMANDE
principales fonctions :
. STOCKAGE ELECTRIQUE
capacité : Ah
tension : V

ENSOLEILLEMENT

(1) . valeur nominale retenue par le constructeur : kWh/m²/j. . valeur moyenne constatée sur le site : kWh/m²/j.
. répartition mensuelle :

OBSERVATIONS :

I_B - FICHE TECHNIQUE POMPAGE THERMODYNAMIQUE

PAYS :	LOCALITE :	DISTANCE CAPITALE : Km	ACCES :
--------	------------	---------------------------	---------

DATE D'INSTALLATION :	USAGE PRINCIPAL :
-----------------------	-------------------

CARACTERISTIQUES DU FORAGE OU DU POINT D'EAU :

. diamètre intérieur :	pouces	. côte maxi du cours d'eau :	m.
. profondeur totale :	m.	. côte mini du cours d'eau :	m ³ /s
. longueur tubage :	m.	. débit moyen :	
. niveau statique mini :	m.	. observations :	
. niveau dynamique mini :	m.		

CARACTERISTIQUES DE LA POMPE :

. marque :	type :	. nombre d'étages :	
. hauteur manométrique totale :	m.	. rendement nominal :	%
. débit horaire nominal :	m ³ /h.	. débit journalier nominal(1) :	m ³ /j.

STOCKAGE HYDRAULIQUE ET RESEAU DE DISTRIBUTION :

. volume réservoir :	m ³	. Nbre de jours de consommation :	j.
. hauteur réservoir :	m.	. perte de charge dans le réseau :	m.
. principales installations annexes :			

EQUIPEMENT THERMODYNAMIQUE

<p>CAPTEURS THERMIQUES :</p> <ul style="list-style-type: none"> . type : . origine : . surface active: . surface totale: . rendement nominal : % . température sortie : °C <p>STOCKAGE :- fluide - capacité : m³</p>	<p>BOUCLE THERMODYNAMIQUE :</p> <ul style="list-style-type: none"> . puissance mécanique sur l'arbre : kW . marque : . type : . fluide : . source froide: t= °C . durée journalière de fonctionnement : h/j 	<p>EQUIPEMENTS ANNEXES :</p> <ul style="list-style-type: none"> . pompe circulation : . type entraînement de la pompe d'exhaure : . batterie :
---	---	---

ENSOLEILLEMENT

(1) . valeur nominale retenue par le constructeur :	. valeur moyenne constatée sur le site :	kWh/m ² /j
. répartition mensuelle :		

OBSERVATIONS :

I_C - FICHE TECHNIQUE POMPAGE EOLIEN

PAYS :

LOCALITE :

DISTANCE
CAPITALE : Km

ACCES :

DATE D'INSTALLATION :

USAGE PRINCIPAL :

CARACTERISTIQUES DU FORAGE OU DU POINT D'EAU :

. diamètre intérieur :	pouces	. côte maxi du cours d'eau :	m.
. profondeur totale :	m.	. côte mini du cours d'eau :	m.
. longueur tubage :	m.	. débit moyen :	m ³ /s
. niveau statique mini :	m.	. observations :	
. niveau dynamique mini :	m.		

CARACTERISTIQUES DE LA POMPE :

. marque :	type :	. nombre d'étages :	
. hauteur manométrique totale :	m.	. rendement nominal :	%
. débit horaire nominal (1) :	m ³ /h.	. débit journalier nominal(1) :	m ³ /j.

STOCKAGE HYDRAULIQUE ET RESEAU DE DISTRIBUTION :

. volume réservoir :	m ³	. Nbre de jours de consommation :	j.
. hauteur réservoir :	m.	. perte de charge dans le réseau :	m.
. principales installations annexes :			

EQUIPEMENT EOLIEN

AEROGENERATEUR :

. marque	
. type	
. puissance nominale :	kW
. diamètre hélice :	m.
. vitesse nominale :	m/s
. tension :	V

MOTEUR POMPE :

. marque	
. type	
. puissance nominale :	W
. vitesse nominale :	tr/m
. tension :	V

STOCKAGE :

. capacité :	Ah
. tension :	V

EQUIPEMENTS ANNEXES :

. mât (hauteur) :	m.
-------------------	----

POTENTIEL EOLIEN

(1)

. vitesse moyenne annuelle du vent :	m/s à 10 m.
. répartition sur l'année :	

OBSERVATIONS :

I₀ - FICHE TECHNIQUE ELECTRICITE PHOTOVOLTAIQUE

PAYS :	LOCALITE :	DISTANCE CAPITALE : km	ACCES :
DATE D'INSTALLATION :		USAGE PRINCIPAL :	

CARACTERISTIQUES DU COURANT :

- . Type de courant : cc - ca
- . tension d'utilisation :
- . puissance maximale consommée :
- . énergie journalière disponible :
- . énergie journalière consommée :
- . onduleur, marque :
- . type :
- . rendement :
- . observations :

DEFINITION DES UTILISATIONS :

Définition des utilisations	nb h/j	nb j/s	cons. hor.	puis. maxi.	cons. jour. mov.	Observations
TOTAL						

Répartition mensuelle kWh	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

EQUIPEMENT PHOTOVOLTAIQUE :

MODULES : . marque: . type : . puissance crête : W à 25°C : . tension . intensité : A	ARMOIRE DE COMMANDE : STOCKAGE ELECTRIQUE : . marque, type : . tension : . capacité : . autonomie :
--	--

(1) ENSOLEILLEMENT

. valeur nominale retenue par le constructeur : kWh/m²/j

. valeur moyenne constatée sur le site : kWh/m²/j

répartition mensuelle kWh	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

OBSERVATIONS :

II - FICHE ADMINISTRATIVE

TITRE DU PROJET :	PAYS :	LOCALITE :
-------------------	--------	------------

Références du dossier :

Initiation du projet ? contacts ? missions ? etc..:

Origine de la demande officielle : Date:

Personnes ou organismes ayant contribué à la définition du projet :

Documents relatifs à l'identification et à la définition du projet :

PRINCIPALES PARTIES CONCERNEES :

	Dénomination	Coordonnées détaillées	Nom responsable
Collectivité d'accueil			
Maître d'ouvrage			
Ministère de tutelle			
Ministère correspondant			
Organismes français concernés			
Maître d'oeuvre			
Autres constructeurs participants			
Sous-traitants locaux et transitaire			
Correspondant local du maître d'oeuvre			
Responsable local du suivi technique du projet			

REFERENCES ADMINISTRATIVES :

Décision FAC	N°	du	pour	F.F.
Décision COMES	N°	du	pour	F.F.
Convention de financement	N°	du	pour	F.F.
Notification du contrat	N°	du	pour	F.F.
Société contractante				

OBSERVATIONS :

IV - FICHE DE SUIVI ADMINISTRATIF

TITRE DU PROJET :

PAYS :

LOCALITE:

1 - PLANNING DE REALISATION DU PROJET

	Durée prévue (mois)	Date prévue	Date réelle	Durée réelle (mois)
Signature contrat principal				
Mise à FOB des véhicules				
Arrivée matériels sur site				
Opération civile				
Montage				
Mise en route				
Reception provisoire				

2 - RECEPTION DU PROJET

En usine : dates des différentes étapes:

nom du responsable :

sur le site : date de la réception provisoire, des essais :

date de la mise en route :

nom du responsable :

3 - OBSERVATIONS

Empty box for observations.

IV - FICHE DE SUIVI

[Empty box]

TITRE DU PROJET :

PAYS :

LOCALITE:

1 - PLANNING DE REALISATION DU PROJET

	Durée prévue (mois)	Date prévue	Date réelle	Durée réelle (mois)
Signature contrat principal				
Mise à FOB des véhicules				
Arrivée matériels sur site				
Génie civil				
Montage				
Mise en route				
Réception provisoire				

2 - ETAT D'AVANCEMENT REEL

Travaux réalisés, problèmes rencontrés, solutions apportées, source d'information, date des comptes rendus, etc....:

3 - RECEPTION DU PROJET

en usine : dates, matériels importés, tests réalisés, procès-verbaux, etc...
 nom du responsable :

sur le site : nature des essais réalisés et méthode de mesure - performances constatées -
 qualité des travaux - date de la réception provisoire, etc...
 nom du responsable :

4 - OBSERVATIONS :

[Empty box for observations]

TITRE DU PROJET :

PAYS :

LOCALITE :

I - RECEPTION DU PROJET

- en usine : . matériels réceptionnés :
 - . tests :
 - . procès verbaux :
- à la réception sur site : . essais réalisés - méthode de mesure :
 - . performances :
 - . qualité des travaux :

II - ETAT DU PROJET

- Travaux réalisés :
- Problèmes rencontrés : . lors de l'installation :
- . lors de la mise en route :
 - . lors de l'exploitation :

Sources d'information :

III - MESURES REALISEES EN COURS DE FONCTIONNEMENT

Grandeurs mesurées	Date	Durée	Appareils

ANNEXE 2.

INVENTAIRE DES RÉALISATIONS EXISTANTES EN AFRIQUE DE L'OUEST

TECHNIQUE ET CONSTRUCTEUR	P A Y S	LOCALISATION	APPLICATION	ANNEE D'INSTALLATION	PUISSANCE CRETE KW
THERMODYNAMIQUE	CAP-VERT	San Domingos	Hydraulique villageoise	1979	1
	HAUTE-VOLTA	Ouagadougou	Formation-démonstration	1971	0,4
		Koupela	Production de froid	1975	1
		Djibo	Hydraulique villageoise	1976	1
		Taparko	Hydraulique pastorale	1978	1
		Djibasso	Hydraulique villageoise	1979	1
		Po	Hydraulique pastorale	1979	1
		Jemnouo	Hydraulique pastorale	1979	1
		Gangadi	Hydraulique pastorale	1979	1
	M A L I	Dioïla	Hydraulique villageoise	1975	1
		Katibougou	Irrigation	1977	1,3
		Diné	Irrigation + Production électricité	1979	75
	MAURITANIE	Chinguetti	Hydraulique villageoise & pastorale	1973	1
		N'gorel Guidal	Irrigation + Production froid	1978	10
	N I G E R	Niamey	Hydraulique villageoise & pastorale	1973	1,3
		Karma	Irrigation	1978	10
		Tapalak	Irrigation	1980	5
	S E N E G A L	Dakar IPM	Station pilote	1968	1,2
		Dakar ONUDI	Station d'évaluation	1975	1
		Medina Dakar	Hydraulique villageoise	1975	1
		Niakhene	Hydraulique villageoise	1977	1
		Méouane	Hydraulique villageoise	1977	1
		Diaglé	Hydraulique pastorale	1977	1
Dakar IUT		Démonstration-formation	1977	1	
Bondie Samb		Hydraulique pastorale	1981	10	
Diakhao		Production électricité	1981	25	
T C H A O	Karal	Hydraulique pastorale	1976	1	
	Ati	Hydraulique pastorale	1977	1	
	N'Gouni	Hydraulique villageoise	1977	1	
	N'Djamena	Eau + électricité + froid	1980	5	
PHOTOVOLTAÏQUE	S E N E G A L	Montroiland	Hydraulique villageoise	1979	0,5
		Medina Dakar	Hydraulique villageoise	1980	1,5
PHOTOVOLTAÏQUE	HAUTE-VOLTA	Mogtedo	Hydraulique villageoise	1979	0,9
		Kamboinsé	Hydraulique villageoise	1979	0,9
		Bané	Hydraulique villageoise	1980	0,5

INVENTAIRE DES RÉALISATIONS EXISTANTES EN AFRIQUE DE L'OUEST (2)

TECHNIQUE ET CONSTRUCTEUR	P A Y S	LOCALISATION	APPLICATION	ANNEE D'INSTALLATION	PUISSANCE CRETE KW	
PHOTOVOLTAIQUE	HAUTE-VOLTA	Ziniaré	Hydraulique villageoise	1979	0,6	
		Markoye	Hydraulique pastorale	1980	0,9	
	M A L I	Koni 1	} Alimentation électrique de l'hôpital } Hydraulique villageoise, structure d'accueil : MALI AQUA VIVA	1977	0,9	
		Nabasso		1977	0,9	
		Tominian		1978	1,3	
		Yangasso 1		1978	1,3	
		San		1979	8,5	
		San		1979	1	
		Yangasso 2		1979	1,3	
		Djenna		1979	1,3	
		Safolo		1980	1,3	
		Kimbarana		1980	1,3	
		Be		1980		
		Wassasso		1980	0,9	
		Tion		1980	1,2	
		Bossoni		1980	1,3	
		Koni 2		1980	0,9	
		Koro 1		1980	1,3	
		Koro 2		1980		
		Nworo		1980	5	
		Ben Markala		1980	1,3	
		Kanssara		1981	1,3	
	Téné	1981	0,9			
			Samanko (2)	} Hydraulique villageoise, financement USAID.	1980	1,3
			Bourem			0,9
			Djéré			1,3
			Bankass			5,2
			Mopti			1,3
Camp Modibo					2,6	
Diawara			1981		1,8	
		Meninka	Hydraulique villageoise	1980	1,3	
		Mopti Sevaré		1981	2,6	
		Mieg Mopti		1981	5,2	
		B i e	Eclairage d'école	1980	0,15	
MAURITANIE		Garak	Irrigation	1980	3,9	
		Ntakat	Hydraulique villageoise	1980	0,9	
S E N E G A L		Babak	} Hydraulique villageoise	1978	1,3	
		Bambey		1978	0,9	
		Haere Lao		1979	0,9	
		Affiniam		1980	0,5	
		Samane		1980	2,5	
		Ndoudiouf		1980	2,5	

- Rajouter le projet de TANGAYE (HAUTE-VOLTA) : pompe + moulin photovoltaïque - USAID

INVENTAIRE DES RÉALISATIONS EXISTANTES EN AFRIQUE DE L'OUEST⁽³⁾

TECHNIQUE ET CONSTRUCTEUR	P A Y S	LOCALISATION	APPLICATION	ANNEE D'INSTALLATION	CARACTERISTIQUES NOMINALES	
PHOTOVOLTAIQUE	M A L I	Kolokani	Alimentation électrique hôpital (générateur photovoltaïque)	1981	5	
PHOTOVOLTAIQUE	N I G E R		122 téléviseurs Scolaires 700 téléviseurs communautaires	1976 1980	Puissance crête unitaire x 54 Wc " x 33 Wc	
AEROGENERATEUR	CAP VERT	San Nicolau	Pompage	1980	4100 FP 7	
		San Vicente	2 balisages maritimes	1980	300 FP 7 150 FP 7	
		Praia	3 stations mesure potentiel éolien	1981	250 FP 15	
	MAURITANIE	Iwik	Pompage - production électricité	1981	4100 FP 7	
	SENEGAL	IUT Dakar Louly Bentegné	Formation - démonstration Hydraulique villageoise	1979 1981	1100 FP 7 1100 FP 7	
EOLIENNES MULTIPALES	HAUTE-VOLTA	Ouagadougou	12 éoliennes de pompage	1978	3 x N° 4 1 x N° 5	
		Bobo Dioulasso	Missions catholique et protestante	1974 1978	1 x N° 3 2 x N° 3 1 x N° 5	
		Kaya			1 x N° 5	
		Toesse		1978	2 x N° 3	
		Kombissiré		1981	1 x N° 3	
	M A L I	Sandagara	1 pompage mission catholique	1964	1 x N° 4	
	N I G E R	Niamey	S SONIFAME		1970	1 x N° 2
					1972	4 x N° 2
	SENEGAL	Dakar			1948	1 x N° 2
					1959	1 x N° 2
Dakar		11 Macforce	1975 1976	1 x N° 5 10 x N° 5		
EOLIENNES MULTIPALES DE FABRICATION LOCALE	CAP VERT (Mindelo Shipyard Manufactures Dampster)	Sao Vicente	50 éoliennes installées par des propriétaires locaux pour l'irrigation	1977 1980		
	HAUTE-VOLTA	Bazoulé	1 pompage			
	M A L I	Mopti	2 Père Plasteyg 1 Corps de la paix		Type Sanores	
AUTRES EOLIENNES MULTIPALES	HAUTE-VOLTA	Djibo	1 pompage hôpital		METTERS	
		Dori	1 pompage		LÜBING	
	SENEGAL		4 pompage		LÜBING	

- Liste non exhaustive

- Une part de ces projets a été réalisée en liaison étroite avec des partenaires locaux, ONERSOL, SIVAES etc..., qui ont apporté des solutions technologiques nouvelles et ont construit sur place certains équipements.

INVENTAIRE DES RÉALISATIONS EXISTANTES EN AFRIQUE DE L'OUEST

TECHNIQUE ET CONSTRUCTEUR	P A Y S	LOCALISATION	APPLICATION	ANNEE D'INSTALLATION	CARACTERISTIQUES	
EOLIENNE SAVONIUS	HAUTE-VOLTA	Dori	Hydraulique villageoise	1978	3 augets	
		Ouagadougou	Expérimentation (2 éoliennes)	1978		
		Toesse	Hydraulique villageoise	1981		
	S E N E G A L	IUT Dakar	Dfaglé	Hydraulique villageoise	1975	2 augets
			Keur Bakar		1978	
			Mbirtem Mouride		1979	
			Mbodiane		1979	
		IUT Dakar	IUT Dakar	Expérimentation	1980	4 augets (type SP4)
			IUT Dakar	Expérimentation	1981	
			IUT Dakar	Expérimentation	1981	
B I O G A Z	HAUTE-VOLTA	Kongoussi (Hôpital)	Stérilisation, réfrigération, pompage, analyses médicales	1978	discontinu semi-discontinu	
		Tanghin		1979		
		Kongoussi		1979		
		Kougsabla	Cuisine de l'école d'horticulture	1981		
		Saria	Irrigation	1981		
	M A L I	Bamako	Laboratoire Energie Solaire	1981		
		S E N E G A L	Dfour Fissel	Cuisson, éclairage	1979	continu
	Bamboey		1979			
	Nianing		Cuisson	1980		
	N I G E R	Lossa	Cuisine, éclairage	1980		

MATURITÉ DES TECHNOLOGIES

TECHNOLOGIE/ APPLICATION	ETAT DE DEVELOPPEMENT			HORIZON PROBABLE (1) DEBUT COMMERCIALISATION SIGNIFICATIVE		
	Recherche	Unité pilote	Disponible commercia- lement	D'ici 1985	1985 1990	Au delà
SOLAIRE THERMIQUE						
<u>A/ Systèmes</u>						
. Chauffe eau solaire			X	X		
. Chaleur industrielle BT (2)	X			X		
. Générateur de vapeur	X				X	
. Distillateur			X	X		
. Unité dessalement	X			X(3)	X(4)	
. Séchoir solaire	X			X	X	
. Réfrigérateur	X				X	
. Climatiseur	X				X	
. Pompe solaire < 10 KW			X	X		
. Pompe solaire (et mo- teur > 10 KW	X				X	
. Centrale électrique						
- < 100 KW	X				X	
- 100-1000 KW	X				X	
- > 1 MW	X					X
. Cuisinière solaire	X				X	
. Four solaire HT (2)	X					X
. "Solar pond"	X				X	
<u>B/ "Capteurs"</u>						
. Plan normal			X	X		
. Plan selectif			X	X		
. Concentration cylindro- parabolique			X	X	X	
. Concentration parabolique.	X		(X)		X	

(1) Sous réserve, bien sûr, que la technologie apparaisse comme compétitive par rapport aux solutions concurrentes

(2) BT = Basse température HT = Haute température

(3) Jusqu'à 5m³/jour

(4) Au dessus de 5m³/jour

TECHNOLOGIE/ APPLICATION	ETAT DE DEVELOPPEMENT			HORIZON PROBABLE (1) DEBUT COMMERCIALISATION SIGNIFICATIVE		
	Recherche	Unité pilote	Disponible commerca- lement	D'ici 1985	1985 1990	Au delà
SOLAIRE PHOTOVOLTAI- QUE						
A/ <u>Systemes</u>						
. Pompes solaires						
- hyd. villageoise			X	X		
- hyd. pastorale			X	X		
- micro-irrigation			X	X		
- irrigation < 10 KW			X	X		
- irrigation > 10 KW		X			X	
. Télécommunications (toutes applications isolées)			X	X		
. Signalisation			X	X		
. Réfrigération			X	(X)	X	
. Ventilation et petits systèmes moteurs			X	X		
. Climatisation par vaporisation d'eau		X			X	
. Eclairage individuel			X	X		
. Transports, voiture, etc ...	X				X	
. Centrales électriques > 10 KW			X	X	X(5)	
> 100 KW		X				X
. Chargeur batteries			X	X		
. Chargeur "piles" rechargeables		X		X		
. Alimentation TV			X	X		
B/ <u>"Capteurs"</u>						
. Modules plans			X	X		
. A concentration		X			X	

(5) Adaptation aux conditions climatiques extrêmes.

TECHNOLOGIE/ APPLICATION	ETAT DE DEVELOPPEMENT			HORIZON PROBABLE, (1) DEBUT COMMERCIALISATION SIGNIFICATIVE		
	Recherche	Unité pilote	Disponible commercia- lement	D'ici 1985	1985 1990	Au-delà
BIOGAZ (1)						
Substrat : fumier		X		X		
- petite taille < 20m ³				X		
- taille moyenne < 1000			X			
Substrat : déchets agricoles + fumier						
- petite taille		X		X		
- taille moyenne		X			X	
Substrat non conven- tionnels :						
- déchets d'abattoirs		X			X	
- déchets de conser- veries		X			X	
- algues		X				X
- jacinthes d'eau		X			X	
- parches de café et autres substrats	X				X	
GAZEIFICATION (2)						
Petite unité < 50 KW			X	X		
Unité moyenne 50-500			X	X		
Grande unité > 500		X			X	
PYROLYSE						
(charbon végétal + huiles + gaz)						
Petite unité		X			X	
Unité moyenne		X			(X)	X
Grande unité		X			X	
BRIQUETTAGE DES DECHETS VEGETAUX (3)						
Pailles		X			X	
Balles de riz			X	X		
Coques d'arachide			X	X		
Sciures			X	X		
Etc ...						

(1) Le biogaz peut servir à la cuisson, l'éclairage, l'alimentation de moteurs, la réfrigé-
ration, etc ...

(2) Le gaz pauvre sert à l'alimentation de moteurs diesel principalement.

(3) Pour la cuisson, la gazeification, etc ...

TECHNOLOGIE/ APPLICATION	ETAT DE DEVELOPPEMENT			HORIZON PROBABLE (1) DEBUT COMMERCIALISATION SIGNIFICATIVE		
	Recherche	Unité pilote	Disponible commerca- lement	D'ici 1985	1985 1990	Au-delà
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">COMBUSTION</div> <ul style="list-style-type: none"> . Cuisinières améliorées <ul style="list-style-type: none"> - bois de chauffe - charbon de bois . Chaudières industrielles déchets végétaux 		(X)	X X X	X X X		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">ETHANOL</div> (1) <ul style="list-style-type: none"> . Système discontinu <ul style="list-style-type: none"> - 1 m3/jour - 10 m3/jour - 750 m3/jour . Système continu . Utilisation du jus de canne . Utilisation des mélasses . Utilisation du manioc . Utilisation du sorgho doux . Utilisation déchets bois 		X (X) X	X X X X X X	X X X X X	X (X) X	X X X
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">METHANOL</div> (1) <ul style="list-style-type: none"> . A partir de bois . A partir d'autres matières végétales 		X			X	X
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">AUTRES</div> <ul style="list-style-type: none"> . Plantations énergétiques <ul style="list-style-type: none"> - bois - autres . Huiles végétales 	X	X X	(X)	X	X	X

(1) Utilisation comme carburant pour les moteurs.