



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org



14851-F



Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Distr. LIMITEE

ID/WG.444/4

5 juillet 1985

Original : FRANCAIS

Forum sur la participation des ONG à la
mise en oeuvre du Programme de la
Décennie du développement industriel
de l'Afrique*

Abidjan (Côte d'Ivoire), 27-30 août 1985

LE ROLE DES ONG DANS LE DEVELOPPEMENT DES
ENERGIES RENOUVELABLES EN AFRIQUE**

établi par

L. Keita***

* Organisé conjointement par l'ONUDI et l'Association des Institutions africaines de financement du développement (AIAFD).

** Les vues exprimées dans le présent document sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du secrétariat de l'ONUDI. La mention du nom de firmes et de produits commerciaux ne signifie pas qu'ils ont l'aval de l'Organisation des Nations Unies. Le présent document a été reproduit sans avoir fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle.

*** Consultant de l'ONUDI, Conseiller, Association Elf-Mali, Bamako (Mali)

V.85-28966

2913

INTRODUCTION

En application des résolutions de la quatrième conférence générale de l'ONUDI, tenue à Vienne (Autriche) du 2 au 19 août 1984, invitant la Communauté Internationale et notamment les Organisations non-gouvernementales (ONG) à renforcer leur coopération avec les Pays d'Afrique pour la mise en oeuvre des mesures prioritaires du Programme de la Décennie du Développement Industriel de l'Afrique (DDIA), l'ONUDI, en coopération avec l'Association des Institutions Africaines de Financement du Développement (AIAFD), a décidé d'organiser, à Abidjan (Côte d'Ivoire) du 27 au 30 août 1985, un forum consacré à la participation des ONG à la mise en oeuvre du Programme de la DDIA.

Cinq thèmes feront l'objet de discussions pendant les réunions du Forum d'Abidjan :

- 1) industries alimentaires et agro-alimentaires;
- 2) machinisme agricole;
- 3) industries du bâtiment et des matériaux de construction;
- 4) énergie;
- 5) aspects financiers du développement industriel.

Le présent document de travail est destiné à servir d'introduction aux discussions sur le thème n° 4 dont l'intitulé pourrait être :

"le rôle des ONG dans le développement des énergies renouvelables en Afrique".

En se référant par exemple au cas de l'énergie solaire, on ne peut pas parler de "source nouvelle d'énergie". Seules certaines technologies sont relativement récentes. Dans la suite du rapport, nous avons adopté l'expression "énergie renouvelable".

En l'absence d'enquêtes dans les Etats Africains et auprès des ONG, seule l'expérience du Mali et des Pays sahéliens est exposée dans le document. Pour combler cette lacune, le Forum devra inviter les Représentants des ONG à faire part de leur expérience dans le domaine des applications des énergies renouvelables.

GLOSSAIRE (§)

Pour éviter les divergences d'interprétation ou des confusions, la Banque Mondiale a donné les sens suivants à certaines expressions utilisées pour désigner les différents types d'énergie.

ENERGIE DE TYPE CLASSIQUE OU ENERGIE CONVENTIONNELLE.

Formes d'énergie qui, pour le moment, sont de très loin les plus courantes dans les économies industrielles modernes : charbon (lignite et tourbe comprises); pétrole (comprenant le fuel-oil, l'essence, le kérosène, le gazoil, le gaz naturel et le gaz de pétrole liquéfié); et électricité provenant de la combustion de l'un de ces combustibles ou de l'énergie hydraulique ou nucléaire. Le bois n'est pas inclus dans cette catégorie, bien qu'il ait été très employé dans le passé à des fins industrielles et le soit encore dans une certaine mesure.

ENERGIE COMMERCIALE.

Toute forme d'énergie vendue par une entreprise commerciale ou un service public. Cette expression est pratiquement synonyme de celle d'énergie de type classique ou d'énergie conventionnelle. Le bois et les autres combustibles traditionnels (voir plus bas) ne sont pas compris dans cette catégorie bien qu'ils fassent fréquemment l'objet de ventes.

ENERGIE PRIMAIRE.

Forme d'énergie dont l'utilisation n'est pas précédée par une transformation chimique. Cette notion présente de l'intérêt surtout en matière de production d'électricité, l'énergie hydro-électrique étant considérée comme de l'énergie primaire et l'énergie d'origine thermique comme de l'énergie secondaire. L'énergie nucléaire est couramment assimilée à de l'énergie primaire, bien que, stricto sensu, ce classement soit incorrect.

ENERGIE RENOUVELABLE.

Forme d'énergie partiellement ou totalement régénérée au cours du cycle solaire annuel. On considère par exemple que l'énergie solaire et éolienne, l'énergie hydraulique et celle provenant de combustibles d'origine végétale sont renouvelables alors que les combustibles minéraux et l'énergie nucléaire n'en sont pas.

COMBUSTIBLES PROVENANT DE LA BIOMASSE.

Ce sont des matières combustibles et/ou fermentescibles d'origine végétale, par exemple le bois, le charbon, les rafles de maïs, les tiges de cotonnier, les balles de riz, les agglomérés de fumier.

ENERGIE TRADITIONNELLE.

Recouvre des types d'énergie généralement employés dans les sociétés "traditionnelles" ou pré-industrielles. Il s'agit en grande partie de combustibles provenant de la biomasse et cette expression est le plus souvent considérée comme excluant les combustibles minéraux et l'énergie hydraulique bien que l'emploi des moulins à eau remonte à plus de mille ans.

ENERGIE SOLAIRE.

Technologies qui utilisent la radiation solaire pour fournir la chaleur qui peut être convertie en puissance mécanique ou électrique ou qui peut produire directement de l'électricité (cellules photovoltaïques).

(§) extrait de "L'énergie dans les Pays en développement".
(Banque Mondiale, août 1980.

1. INTRODUCTION ET RAPPEL HISTORIQUE.

L'énergie est l'un des facteurs-clés sinon le "moteur" du développement d'un Pays. La consommation d'énergie par tête d'habitant est souvent utilisée comme critère pour la classification en Pays industrialisés ou Pays en développement.

Le Continent africain, connu pour l'importance de son potentiel en matières premières agricoles et minérales, ne compte que quelques Pays exportateurs de pétrole et une grande majorité de Pays importateurs dont presque tous ont un faible revenu. L'énergie en Afrique est en grande partie "importée", donc un facteur de dépendance vis-à-vis des Pays développés qui possèdent les technologies et contrôlent les marchés et les prix.

Avant le premier "choc pétrolier" et au lendemain des indépendances, les Pays africains avaient tous accordé la priorité à l'agriculture dans leur plan de développement économique et social. Nombre d'entre-eux connaissant mal leur potentiel énergétique et ne disposant pas d'importants capitaux nécessaires pour mettre en valeur les sources locales d'énergie sont restés tributaires de l'importation des produits pétroliers pour satisfaire leurs besoins énergétiques créés en grande partie par des équipements et des technologies également importés des Pays industrialisés.

Quelques Pays africains, tentant d'élaborer une politique énergétique basée sur l'exploitation des ressources nationales d'énergie, se sont intéressés à l'exploitation de certaines sources d'énergie renouvelables : l'énergie des fleuves ou la "houille blanche", l'énergie solaire et l'énergie éolienne. Parmi ces Pays, on peut citer en Afrique de l'Ouest le Mali et le Sénégal qui ont participé à la première "Conférence Mondiale sur les nouvelles sources d'énergie" tenue à Rome.

Cette première période de l'histoire des énergies renouvelables a été marquée par les travaux de recherche, de mise au point et d'essais en laboratoire des premiers prototypes de chauffe-eau

et cuisinière solaire, en même temps que s'amorçait une coopération entre les Pays africains et certains Pays industrialisés. Les pionniers de cette époque étaient tous des chercheurs, notamment les professeurs TROMBE (France), MASSON (Université Dakar/Sénégal) et MOUMOUNI (Niger).

La crise énergétique, provoquée par le renchérissement brutal du prix du pétrole, a lourdement pesé sur la balance des paiements et compromis la croissance économique des Pays en développement. Elle a amené les Autorités africaines à prendre conscience de l'importance de l'énergie dans le développement et à rechercher des solutions alternatives basées sur l'exploitation des ressources "nationales" pour la satisfaction des besoins énergétiques. Le regain d'intérêt de presque tous les Pays africains pour les énergies alternatives locales que sont les énergies renouvelables est dû aux importantes ressources en biomasse ou en énergie solaire.

La grave sécheresse persistante que connaissent les Pays du Sahel depuis 1972 a engendré la crise du bois de feu.

De nouvelles technologies font leur apparition : cellule photovoltaïque, foyers améliorés, etc... en même temps que sont organisées de vastes campagnes d'animation et de sensibilisation des populations intéressées. Enfin, la Conférence des Nations-Unies pour les sources nouvelles et renouvelables d'énergie tenue à Nairobi (Kenya) en a permis de sensibiliser l'opinion internationale sur l'importance des énergies renouvelables. Les Pays africains Membres de la CEA0 et du CILSS ont décidé de concrétiser leur volonté commune de coopération dans le domaine des énergies renouvelables par la création et la mise en place du Centre Régional d'Energie Solaire (CRES) dont le siège est basé à Bamako (Mali).

Grâce aux efforts de recherche en laboratoire, d'expérimentation sur le terrain, de diffusion des nouvelles technologies, de leur adaptation au contexte socio-culturel, les résultats acquis par plusieurs Pays africains - notamment ceux du Sahel - dans le développement des applications des énergies renouvelables sont encourageants bien que certaines

difficultés doivent être surmontées.

Le CRES a élaboré un programme régional d'énergie renouvelable et a apporté son concours aux Pays Membres de la CEA0 pour la préparation de programmes nationaux. Le programme national du Mali met l'accent sur les applications de l'énergie solaire d'origine photovoltaïque : station de pompage solaire pour l'approvisionnement en eau et le développement de cultures maraichères, micro-électrification de dispensaires et centres de santé ruraux, télécommunication, etc...

Le présent rapport a pour but d'analyser le potentiel en énergie renouvelable, de présenter brièvement les différentes filières technologiques, de faire le point sur l'état d'avancement des différentes applications, de préciser les principales contraintes qui freinent leur développement ainsi que le rôle que jouent ou peuvent jouer les Organisations non-gouvernementales (ONG) dans le secteur des énergies renouvelables. L'énergie étant un tout, l'analyse de la situation des énergies renouvelables doit tenir compte du contexte plus global de l'énergie en Afrique et dans les Pays en développement.

2. GENERALITES SUR L'ENERGIE EN AFRIQUE ET DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT.

Le niveau de la consommation d'énergie des Pays en développement, et en particulier de l'Afrique, est faible par rapport à la consommation mondiale. Cette situation caractérise leur état de sous-développement. Selon la Banque Mondiale, les Pays en développement importateurs de pétrole consomment seulement 12 à 15 % de l'énergie commerciale du monde. De plus cette énergie consommée est presque entièrement importée des Pays exportateurs de pétrole parmi lesquels on ne compte que très peu de Pays africains.

Ce sont les villes qui consomment la plus grande part de l'énergie commerciale, alors que la campagne et la population pauvre des villes utilisent, pour la cuisine et l'éclairage, le pétrole lampant et surtout le bois pour la cuisine.

Cependant, pour diverses raisons et notamment l'utilisation d'équipements et d'installations énergétiques importés des Pays développés tels que les moyens de transport, les centrales électriques, les usines, etc... la croissance de la demande d'énergie des Pays en développement est plus forte que celle de leur produit national brut (PNB).

Les ressources énergétiques potentielles de ces Pays sont importantes en ce qui concerne les sources d'énergie traditionnelles et renouvelables et peu abondantes s'agissant des sources d'énergie commerciale. Pays à faible revenu, ils ne disposent pas des importants capitaux nécessaires pour mettre en valeur leurs propres sources locales d'énergie.

Pour satisfaire dans de telles conditions une croissance galopante de leur demande d'énergie, les Pays en développement sont contraints à la fois à gérer plus efficacement la demande par un choix rigoureux des ordres de priorité, des mesures d'économie et de conservation ainsi qu'à stimuler et à encourager les solutions énergétiques alternatives basées sur l'exploitation des ressources locales.

La crise énergétique déclenchée par les hausses brutales du prix des hydrocarbures a stimulé l'intérêt des Gouvernements des Pays en développement pour le développement des énergies renouvelables en tant que source alternative d'énergie.

3. SITUATION ACTUELLE DES RESSOURCES ET ETAT D'AVANCEMENT DES APPLICATIONS DES ENERGIES RENOUVELABLES.

En Afrique, 70 à 90 % de l'énergie utilisée dans les zones rurales et les quartiers pauvres des villes sont fournies par les sources traditionnelles d'énergie, renouvelables pour la plupart, telles que le bois de feu, le charbon de bois, les résidus agricoles et les déchets animaux.

L'énergie commerciale est presque entièrement consommée dans les villes : 60 % cette énergie sont consommés par environ 20 % des habitants disposant de la tranche de revenu la plus élevée.

Les énergies renouvelables présentent plusieurs avantages pour les Pays en développement et qui expliquent leur intérêt croissant pour les responsables des Etats.

Concernant les potentialités, les sources d'énergie renouvelables sont les plus abondantes dans les Pays en développement, notamment les ressources en biomasse et surtout les gisements solaire et éolien.

Les Pays sahéliens de l'Afrique sont localisés dans une région géographique particulièrement favorisée en ce qui concerne la radiation solaire.

Par ailleurs, la biomasse est également abondante dans quelques Pays qui bénéficient encore d'une bonne pluviométrie.

Malheureusement, faute notamment de moyens financiers, ces ressources en énergie renouvelable et surtout en biomasse sont peu ou mal évaluées car les données disponibles sont nettement insuffisantes ou souvent fragmentaires.

En raison du coût relativement élevé des énergies commerciales, l'utilisation de certains types d'énergies renouvelables, pour la satisfaction des besoins énergétiques à petite échelle et décentralisés des populations dispersées des zones rurales des Pays en développement, est une solution alternative économique. Ainsi l'utilisation économique de l'eau, notamment par l'irrigation des cultures maraîchères, peut permettre de rentabiliser l'investissement relativement important d'une station de pompage solaire photovoltaïque dont les charges de fonctionnement et d'entretien sont par ailleurs négligeables.

Bien que disposant du plus grand potentiel pour satisfaire leurs besoins énergétiques, les Pays en développement ne maîtrisent pas les technologies des énergies renouvelables par manque de capitaux et de spécialistes. Pour atténuer les effets de la crise énergétique, l'énergie renouvelable peut jouer un rôle important, notamment dans les zones rurales. Les responsables des Etats, pour lesquels le développement du monde rural est la première priorité, ont manifesté leur intérêt et leur volonté pour le développement des applications des énergies renouvelables et ont décidé de lancer, soit des actions ponctuelles, soit des programmes nationaux.

3.1. LES RESSOURCES POTENTIELLES EN ENERGIES RENOUVELABLES.

Le regain d'intérêt pour les énergies renouvelables est apparu au cours de la dernière décennie à la faveur de la crise énergétique. Les données de base, disponibles sur les sources d'énergie renouvelables sont inexistantes ou insuffisantes. A défaut d'inventaire de ces ressources, on se contente d'estimation sommaire en extrapolant à partir des données fragmentaires disponibles.

Malgré cette lacune, les Pays de l'Afrique de l'Ouest ont tenté d'évaluer le potentiel de la sous-région.

3.1.1. SITUATION DE L'ENERGIE DANS LES PAYS DE L'AFRIQUE DE L'OUEST.

La situation de l'énergie dans les Pays de l'Afrique de l'Ouest se caractérise par les traits dominants suivants :

- l'absence quasi-générale de gisements de combustibles fossiles. (houille et pétrole; sauf au Nigéria et en Côte d'Ivoire), sources d'énergie qui ont permis le prodigieux développement technique et industriel de l'Europe et de l'Amérique du Nord en l'espace de deux siècles.
- l'usage prépondérant du bois de chauffe et du charbon de bois pour satisfaire les besoins énergétiques ménagers et cela avec un rythme d'exploitation forestière si intense et des techniques de valorisation si rudimentaires qu'ils compromettent gravement l'avenir écologique de la zone (déforestation, voire désertification).

- l'existence de grandes potentialités d'énergies renouvelables (rayonnement solaire, énergie éolienne, hydroélectricité, biomasse de récupération, etc...), sources encore très peu mises en valeur.

Le rôle moteur de l'énergie dans tous les processus modernes de production et d'échange (agriculture, industrie, transports, communications, ...) ainsi que la raréfaction continue des sources d'énergie classiques imposent donc aux Pays ouest-africains qui aspirent à se développer dans un tel contexte :

- d'une part, de préserver leur patrimoine forestier en améliorant les conditions d'exploitation des ressources ligneuses (reboisement, substitution de fours et foyers améliorés aux dispositifs actuels de combustion, valorisation des sous-produits et déchets végétaux et animaux par gazéification, pyrolyse ou fermentation méthanique, etc...).

- d'autre part, de promouvoir la diffusion des équipements d'ENR tels les capteurs et générateurs solaires, les moteurs éoliens, les centrales hydro-électriques, etc...

3.1.2. LES RESSOURCES EN ENERGIE RENOUVELABLE DE L'AFRIQUE DE L'OUEST.

Le tableau des différentes ressources d'ENR pour l'Afrique de l'Ouest se présente actuellement comme suit :

3.1.2.1. L'énergie de la biomasse végétale et animale:

3.1.2.1.1. Le bois de chauffe et le charbon de bois : ils fournissent encore 80 à 90 % de l'énergie consommée en Afrique de l'Ouest, principalement pour les besoins domestiques (cuisine, chauffage d'eau) et artisanaux (forge, briquetterie, poterie).

L'évaluation de la consommation régionale est difficile en raison de la rareté des statistiques et des disparités entre les différentes sources d'information. Pour certains Pays, Membres du CRES (Centre Régional d'Energie Solaire), les consommations estimées ont été les suivantes :

PAYS	CONSOMMATION DE BOIS ET CHARBON DE BOIS (t.e.p./an)	ANNEE de REFERENCE	POURCENTAGE DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE NATIONALE (%)
GAMBIE	170.000	1981	n.c.
SENEGAL	1.400.000	1981	63,7
MALI	1.050.000	1977	86,7
BURKINA/F.	740.000	1980	84
COTE D'IV.	1.165.000	1980	46,1
Niger	680.000	1982	80,5

tableau 1 : consommation de bois et de charbon de bois dans les 6 Pays du CRES.

Les déchets d'origine animale et les ordures ménagères :

La valorisation énergétique de ces ressources est possible à l'aide de plusieurs techniques :

- combustion directe dans des fours ou chaudières artisanaux ou industriels;
- fermentation méthanique dans des bio-dégesteurs.

Bien que l'élevage soit largement pratiqué dans les Pays sahéliens de l'Afrique de l'Ouest, la récupération des déjections animales s'y heurte à des obstacles sérieux :

- un important cheptel bovin existe dans tout le Sahel mais la collecte de la bouse de vache s'avère difficile en raison du nomadisme de nombreux éleveurs. Par exemple, le Mali, avec 5.000.000 de bovins et 12.000.000 d'ovins et caprins pourrait théoriquement produire 200.000 t.e.p. sous forme de biogaz; mais seule une petite fraction de ce potentiel est facilement récupérable, en l'occurrence 20.000 t.e.p. productibles par les 20.000 boeufs de labour en stabulation.

- Les abattoirs pourraient fournir un appoint appréciable de bio-énergie.
- Les déchets urbains (ordures ménagères, drêches de brasserie, etc...) peuvent être valorisés par combustion ou fermentation dans de petites centrales thermiques.

Les sous-produits et déchets agricoles.

Issus des forêts et cultures, ils représentent un immense potentiel, encore non ou mal exploité, faute d'une collecte systématique de cette biomasse et d'équipements appropriés (gazogènes et moteurs "dual-fuel", bio-digesteurs)

PAYS	POTENTIEL NATIONAL en T.E.P./an	ANNEE	AUTEURS DE L'ESTIMATION
GAMBIE	n.c.		
SENEGAL	n.c.		
MALI	1.320.000	1984	Etude TRANS-ENERG.
BURKINA/F.	670.000	1984	Rapport CRES.
COTE d'IV.	6.000.000	1982	" "
NIGER	1.610.000	1982	" "
MAURITANIE	n.c.		
CAP VERT	n.c.		

Tableau 2 : potentiel énergétique des résidus végétaux de Pays Membres du CRES.

Sauf en Côte d'Ivoire (où 4.000.000 t.e.p. sont productibles par l'exploitation forestière), ce potentiel énergétique provient surtout des cultures vivrières (mil, sorgho, maïs, riz) et industrielles (coton, arachide).

On note toutefois qu'une des utilisations alternatives courantes des sous-produits agricoles est l'alimentation du bétail (paille de céréales, tourteaux d'arachide et de coton, etc...) ce qui limite quelque peu la disponibilité de ces ressources pour des fins énergétiques.

L'énergie solaire.

De par sa situation intertropicale, l'Afrique de l'Ouest bénéficie d'un excellent ensoleillement (4,5 à 6,5 kwh/m²/jour, soit une moyenne annuelle de 5,5 kwh/m²/jour) qui suffirait théoriquement à couvrir très largement la totalité de ses besoins énergétiques.

En effet, on peut par exemple évaluer approximativement la consommation des 6 principaux Pays de la zone comme suit :

PAYS	SUPERFICIE KM 2	CONSUMMATION GLOBALE D'ENERGIE (ménages + industries + trans- ports)
		t.e.p. estimation pour 1985
GAMBIE	10.000	200.000
SENEGAL	200.000	2.200.000
MALI	1.204.000	1.400.000
BURKINA/F	274.000	900.000
COTE d'IV.	320.000	2.600.000
NIGER	1.270.000	800.000

Tableau 3 : consommations nationales globales d'énergie, soit un total de 8.100.000 tep. consommé sur une étendue d'environ 3.400.000 km².

Si l'on compte un rendement de conversion de 5 % seulement pour le rayonnement solaire capté et une équivalence de 4.000 kwh/pour 1 tep. on voit qu'il suffirait d'une surface de générateurs solaires (photopiles par exemple) de :

$$\frac{8.100.000 \times 4.000}{0,05 \times 5,5 \times 365} = 323 \times 10^6 \text{ m}^2 = 323 \text{ km}^2$$

pour produire la totalité de l'énergie actuellement nécessaire à l'économie de ces 6 Pays, soit moins de 1/10.000 e de leur superficie totale.

L'énergie éolienne.

L'exploitation de l'énergie du vent constitue une alternative prometteuse pour certains besoins d'hydraulique rurale (maraîchage, abreuvement du bétail) et pour le développement d'autres activités artisanales rémunératrices (meunerie, navigation fluviale ...)

Les zones à fort potentiel éolien sont :

- le Cap Vert et certaines autres franges côtières;
- la bande du Sahel, domaine de l'élevage du boeuf.

L'hydro-électricité.

Le potentiel hydro-électrique régional est considérable, lié à l'important réseau hydrographique de grands fleuves et affluents : Niger, Sénégal, Gambie, Voltas, Cavally, Sassandra, Bandama, Comoé, etc...

A titre d'exemple,

- le Mali dispose d'une capacité de 1.050 MW (évaluation 1981);
- la Côte d'Ivoire pourrait produire 7.100 GWH pour une puissance totale de 3.800 MW (évaluation 1984).

Sur ces chiffres, les barrages réalisés à ce jour fournissent les contributions suivantes :

PAYS	SITE	DATE MISE en SERVICE	COURS D'EAU	PUISSANCE MW	PRODUCTION GWH/an
	Félou		Sénégal		2,7
MALI	Manantali	1988(5)	Bafing (Sénégal)	150	
	Sotuba	1966	Niger	5,40	35
	Sélingué	1980	Sankarani (Niger)	45	180
	Ayamé 1	1959	Bia		
	Ayamé 2	1965	Bia	50	200
COTE d'IVOIRE	Kossou	1972	Bandama	174	500
	Taabo	1979	Bandama	210	1.000
	Buyo	1980	Sassandra	150	850

Tableau 5 : production actuelle d'énergie hydro-électrique
au Mali et en Côte d'Ivoire.

(5) *Prévision.*

La mauvaise hydraulité que connaît la région ouest-africaine depuis 15 ans n'empêche pas - bien au contraire elle stimule - de nombreuses études pour valoriser davantage ce potentiel hydro-électrique, notamment au moyen de micro et de mini-centrales sur les affluents des grands fleuves, ainsi que dans les zones à haut relief bien arrosées (exemple de la centrale de Kéniéba au Mali).

Autres sources d'ENR.

- a) La traction animale: déjà faiblement mise à contribution pour le transport de charges et de personnes, la production de force de trait agricole (attelage de labour) et l'hydraulique pastorale (manèges à ânes ou à chameaux), la traction animale pourrait être davantage exploitée dans les zones d'élevage. Elle s'y substituerait efficacement à l'énergie musculaire humaine qui reste, malheureusement, la principale forme d'énergie disponible pour de larges couches de paysans dans toute l'Afrique de l'Ouest.

Les corvées de puisage d'eau et de port de charges, souvent réservées aux femmes et aux enfants, devraient être traitées en priorité dans le cadre d'une telle action.

- b) La géothermie : le potentiel géothermique est très mal connu pour l'Afrique Occidentale et probablement peu important en volume.

+

+

+

3.2. Etat d'avancement des technologies et des applications des énergies renouvelables :

Selon les domaines d'applications, nous examinerons les technologies les plus avancées pour satisfaire les besoins énergétiques des Pays en développement. Il existe toute une gamme de prototypes, de matériel en cours d'expérimentation. Nous insisterons surtout sur les équipements les plus fiables qui sont prêts pour la diffusion.

3.2.I. Les techniques de valorisation énergétique de la BIODASSE :

Les ressources énergétiques, provenant de la biomasse peuvent être classées en :

- bois et charbon de bois
- combustibles liquides et gazeux

3.2.I.I. Bois et charbon de bois :

La presque totalité de l'énergie consommée dans les zones rurales et dans les quartiers populaires des villes africaines pour les usages domestiques et la cuisson des aliments est fournie par le bois. Malheureusement le gisement forestier s'épuise plus rapidement qu'il ne se renouvelle. C'est pourquoi la plupart des grandes villes africaines particulièrement dans la zone sahélienne connaissent une véritable crise du bois de feu. Dans la campagne, les villageois vont chercher le bois à des distances de plus en plus croissantes atteignant souvent une demi-journée ou une journée entière de marche. La lutte contre la désertification passe par :

- une vaste campagne de reboisement notamment par les plantations villageoises
- une utilisation plus efficace du bois en tant que source d'énergie

En Afrique il faudrait reboiser plusieurs millions d'hectares pour satisfaire la demande de bois de feu. Il s'agit là d'une entreprise à longue haleine, mais nécessaire. Plusieurs projets forestiers sont en exécution ou en cours de lancement.

A court et moyen terme, il faut développer des technologies simples pour une utilisation plus efficace des ressources en bois de feu disponibles.

a) Les foyers améliorés :

Pour la cuisson des aliments et les usages domestiques, le traditionnel foyer ouvert à 3 pierres est utilisé presque partout en Afrique dans les zones rurales et dans les quartiers populaires des villes. Or ce foyer ne permet d'utiliser qu'une très faible partie de l'énergie du bois brûlé. En brûlant le bois dans une enceinte fermée et en réglant la circulation de l'air à l'entrée et à la sortie par une cheminée, on "améliore" dans une très large proportion les performances du foyer traditionnel appelé alors "foyer amélioré".

Selon la nature des matériaux utilisés pour la construction les différents types de foyers améliorés peuvent être classés en deux catégories :

.../...

- les foyers fixes, en maçonnerie, soit en argile ou mélange sable-argile pour réduire les fissures. La technique de construction peut être maîtrisée par les artisans locaux grâce à de courts stages pratiques de formation. Une attention particulière doit être portée à la conception du foyer : les formes "tombeaux" sont rejetées par certaines populations superstitieuses, la hauteur du foyer sera ajustée en fonction de la position "debout" ou "accroupi" de la ménagère, etc... Les foyers en argile sont peu coûteux, mais peu résistants.

- les foyers portatifs, métalliques ou en céramique. Leur construction est facile par les artisans locaux notamment les fabricants de fourneaux métalliques et les potiers. La facilité de les déplacer à l'intérieur ou à l'extérieur de la cuisine, et le coût peu élevé constituent les grands avantages.

Sensibilisée par une économie qui pourrait atteindre 50% du bois consommée, plusieurs organisations féminines ont lancé des campagnes de construction de foyers améliorés. L'expérience a ensuite démontré que cette économie était quelque peu surestimée, mais qu'elle se traduisait néanmoins en gain d'argent pour la ménagère de la ville et en gain de temps pour celle du village. Des efforts restent à faire pour une plus large diffusion des foyers améliorés.

Malgré l'absence de données statistiques précises, on peut affirmer que plusieurs milliers de foyers améliorés sont en fonctionnement.

Il semble que l'enthousiasme, qui a dominé les campagnes de sensibilisation pour le lancement des foyers améliorés, ait par la suite baissé pour des raisons diverses et notamment : le gain réel d'économie n'atteindrait pas 50%, les modèles sont nombreux et le choix n'est pas aisé pour un utilisateur non averti, les difficultés liées à la construction en matériaux locaux obligent à faire appel à des tacheurs peu expérimentés et dont la rémunération peut dépasser les moyens d'un ménage à faible revenu, l'économie de temps et non d'argent dans la campagne, etc... Une tendance assez nette se dessine en faveur des foyers améliorés portatifs, de préférence métalliques, fabriqués par des artisans locaux. Ces foyers portatifs sont appelés à connaître une plus grande diffusion surtout dans les zones urbaines.

b) Fourneaux à charbon de bois :

La transformation du bois en charbon entraîne une perte d'énergie importante. Avec 6 m³ de bois on peut obtenir une tonne de charbon avec un four moderne et la moitié seulement avec un four traditionnel.

Il existe plusieurs possibilités d'amélioration des techniques de fabrications du charbon de bois.

C'est surtout dans les zones urbaines que les ménages utilisent le charbon grâce à des fourneaux métalliques portatifs couramment fabriqués par des artisans locaux.

3.2.1.2. Les combustibles liquides et gazeux provenant de la biomasse :

a) L'alcool carburant :

L'Ethanol ou alcool éthylique, produit par fermentation et distillation des mélasses de canne à sucre ou betterave sucrière est utilisé comme carburant auto soit pur soit mélangé à l'essence. Au Brésil la majorité des véhicules utilisent ce mélange appelé "gasohol" contenant jusqu'à 20% d'alcool. Au Mali, pays enclavé et importateur de pétrole, la réalisation d'un projet de mélange alcool-essence au taux de 5% d'alcool est économiquement justifiée par l'existence de deux (2) sucreries et l'absence de marché pour l'alcool produit par les deux (2) dis-

tilleries. Des essais ont été réalisés au Mali pour l'utilisation directe de l'alcool produit par ces distilleries dans des moteurs de tracteurs agricoles.

Pour éviter des modifications importantes sur les moteurs, le taux de mélange alcool-essence ne devra pas dépasser 15 à 20% d'alcool selon certains Experts.

La distillation du bois produit du méthanol ou alcool méthylique dont le mélange avec l'essence présente des inconvénients et ne peut donc être utilisé comme carburant auto.

b) Le Biogaz :

La décomposition anaérobie de déchets animaux, végétaux et humains produit un mélange gazeux contenant 55 à 65% de méthane et qui peut être utilisé comme carburant. Le mélange eau et matériaux organiques se fait dans un digesteur. Le gaz produit est stocké dans la partie supérieure du digesteur et évacué par un tube pour alimenter un frigo, des lampes d'éclairage, une cuisinière à gaz, un moteur de moulin à céréales, etc... selon la capacité du digesteur. Par ailleurs les matériaux résiduels du digesteur sont récupérés et utilisés comme engrais pour la fertilisation des sols.

La Chine et l'Inde sont les deux grands pionniers de la technique du biogaz et ont développé des programmes à une grande échelle : plus 10 millions de digesteurs de type familial en Chine.

La diffusion des digesteurs connaît quelques difficultés : la disponibilité permanente d'eau et surtout de déchets animaux ou humains en quantité suffisante, les soins à apporter à la construction du digesteur, la manipulation du gaz avec précaution, les facteurs tels que les bactéries, la température, l'acidité, et autres qui influencent la réaction chimique, la présence dans le gaz de petites quantités d'hydrogène sulfuré qui attaquent les éléments métalliques, etc... Pour ces différentes raisons la technique du biodigesteur est encore à la phase expérimentale dans la plupart des pays africains.

Par ailleurs la combustion directe de la biomasse solide telle que le bois, la bagasse, la balle de riz, la coque d'arachide, et autres fournit un gaz à faible pouvoir calorifique qui peut être brûlé dans des chaudières de petites centrales. Lorsque les résidus existent, les Usines les utilisent pour produire de la vapeur et/ou de l'électricité pour leurs besoins propres. Au Mali, certaines rizeries de l'Office du Niger sont alimentés en énergie électrique par une centrale à gaz pauvre de 300 KW.

3.2.2. Les technologies utilisant directement les énergies solaire, éolienne et hydraulique :

Les techniques utilisant directement l'énergie solaire, éolienne et hydraulique sont en réalité très anciennes : séchage du poisson, moulin à vent ou à eau, etc... grâce aux efforts de recherches dans les Laboratoires et Instituts spécialisés des pays industrialisés et des pays en développement, de nouveaux équipements plus performants et mieux adaptés ont été mis au point et testés dans leur site d'utilisation.

.../...

3.2.2.I. Les applications de l'énergie solaire :

3.2.2.I.I. Les applications heliothermiques :

a) Les chauffe-eau solaires :

Le chauffage de l'eau par l'énergie solaire captée par des collecteurs plans est probablement la première application dans les pays en développement et notamment en Afrique de l'Ouest. La technique des chauffe-eau est actuellement suffisamment maîtrisée et des unités de fabrication existent au Sénégal (SIRAES), au Niger (ONERSOL) et au Mali (Laboratoire Energie Solaire). Le chauffe-eau est un produit mûr sur le plan technique, économiquement et commercialement prêt pour la diffusion. La production de chauffe-eau demeure encore faible en volume (quelques centaines d'unités produites à ce jour).

Cependant il semble que dans les pays bénéficiant d'un bon ensoleillement le chauffage de l'eau ne soit pas ressenti comme un besoin prioritaire. Le coût du chauffage de l'eau est généralement une faible part du budget du ménage. L'utilisation des chauffe-eau risque donc d'être limitée dans les zones urbaines en raison du coût. La commercialisation du produit se heurte aux problèmes de coûts, de qualité technique.

b) Les distillateurs solaires sont utilisés pour produire de l'eau distillée à l'usage des Etablissements hospitaliers, des ateliers d'électricité automobile (électrolyte des batteries). Il existe un marché potentiel considérable pour les distillateurs. D'où l'intérêt qui lui portent plusieurs pays de l'Afrique de l'Ouest : Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal.

c) Les séchoirs et cuisinières solaires :

L'utilisation de l'énergie solaire pour le séchage, de préférence dans une enceinte fermée qu'à l'air libre, des fruits légumes, céréales, tabac, poisson, etc... est courante dans plusieurs pays africains à vocation agricole. Le séchage permet une bonne conservation, mais peut modifier le goût par exemple dans le cas du poisson. L'absence de moyen de réglage de la température est l'une des difficultés rencontrées. Le séchage solaire peut néanmoins être intéressant à l'échelle d'une coopérative agricole ou de pêcheurs.

Quand aux cuisinières solaires il est difficile de les adapter aux habitudes des ménagères qui préfèrent les foyers améliorés pour la cuisson des aliments. Il s'agit d'une technologie au stade expérimental comme les séchoirs solaires.

3.2.2.I.2. Les applications photovoltaïques :

Grâce à des cellules photovoltaïques à base de silicium l'énergie solaire est convertie en électricité. L'énergie solaire photovoltaïque est particulièrement compétitive pour les besoins de petites puissances en sites isolés notamment le pompage de l'eau en zone rurale, les relais télécommunications, les balises et bouées de navigation, l'alimentation en électricité de dispensaires ruraux, etc...

Le coût d'investissement relativement élevé du générateur solaire photovoltaïque est compensée par des charges de fonctionnement nulles et d'entretien négligeables.

A moyen terme et si les prix des cellules baissent, le solaire photovoltaïque jouera un rôle prépondérant pour les applications des petites puissances en sites isolés.

.../...

a) Les pompes solaires photovoltaïques :

Dans le cadre de programmes d'hydraulique villageoise et pastorale, plusieurs stations de pompage photovoltaïques sont implantées en grand nombre au Mali (environ 70 unités) , au Sénégal, au Burkina Faso (environ 15) et au Niger et dans l'ensemble le matériel est fiable et le fonctionnement satisfaisant.

Par ailleurs les pays membres de la CFAO prévoient dans leurs programmes nationaux d'équipement en énergie renouvelable un rythme plus ou moins intensif d'installation de nouvelles stations de pompage photovoltaïques de 0,5 à 5 kWc de puissance unitaire. Le programme régional du CRES donne la ventilation suivantes :

Pays	Prévisions d'installation de pompes photovoltaïques	
	Nombre	Puissance cumulée en kWc (*)
Gambie	n.c	n.c
Cap Vert	n.c	n.c
Sénégal	30	115
Mali	260	716
Burkina Faso	41	150
Côte d'Ivoire	239	422
Niger	n.c	n.c
TOTAL	738 pompes	1.403 kWc (*)

Tableau 4. Programme régional CRES d'installation de pompes photovoltaïques, sur 5 ans.

(*) kWc = kilowatt-crête photovoltaïque.

Notons enfin qu'au Mali la tendance est à l'installation de pompes photovoltaïques sur certains forages à gros débit, avec développement de cultures maraîchères afin de rentabiliser les investissements.

b) Microélectrifications diverses :

Les photopiles se sont avantageusement substituées aux générateurs électriques classiques (groupes électrogènes diesel ou à essence, piles sèches, etc...), dans de nombreuses installations de faible puissance (quelques watts à quelques milliers de watts), pour les applications suivantes :

- éclairage, réfrigérations et ventilation d'établissements publics, tels, au Mali, les hôpitaux de SAN et de KOLAKANTI, ainsi que les écoles de KILPARUNA, SOLO, ...
- télécommunications radio
- signalisation dans les transports ferroviaires et aériens.

.../...

Pour ces deux dernières applications en particulier, la fiabilité et la qualité du service placent le photovoltaïque en position largement préférentielle.

3.2.2.2. Les Éoliennes :

Pendant très longtemps l'éolienne a été utilisée dans les pays dotés d'un régime de vent régulier et fort, pour le pompage de l'eau et la monture des céréales.

Il existe plusieurs types d'éolienne selon la hauteur, le diamètre et le nombre de pales. L'éolienne multipale tournant à partir d'une vitesse de vent de 3 m/s est le modèle le plus répandu dans les zones rurales.

Le rendement de l'éolienne dépend des caractéristiques du régime du vent mais les données disponibles sur les sites sont insuffisantes et peu fiables. Les éléments des éoliennes de grande puissance sont importés des pays développés et montés sur place. Les petites éoliennes multipales peuvent être fabriquées sur place avec des matériaux de récupération. Une expérience intéressante est celle du Centre de Perfectionnement des Artisans Ruraux de SEGOU au Mali : le Père PLASWIS, Directeur du Centre, reçoit de jeunes paysans, leur donne la formation nécessaire et les aide à construire eux mêmes leur éolienne du type SAHORES avec des éléments de bambou, de caoutchouc, pièce de récupération. A la fin de la formation, le stagiaire retourne au village en emportant une éolienne complète en pièces détachées qu'il peut facilement monter sur un puits et assurer l'entretien. Une cinquantaine d'éoliennes ont été ainsi construites à ce jour. La principale application de l'éolienne est le pompage de l'eau dans les zones pastorales. Vers 1950, le Mali a installé une trentaine d'éoliennes (marque CAME et AERLOTOR) dans la région Nord et Est. Faute d'entretien, toutes ces éoliennes sont hors service.

En Afrique de l'Ouest, le CAP VERT qui jouit d'une situation très favorable en ce qui concerne le régime du vent, développe un important programme national d'installation d'éolienne. Quelques réalisations sont prévues au Sénégal, au Burkina Faso et au Mali.

Plus récemment, les prototypes d'aérogénérateurs, l'énergie éolienne en énergie électrique, ont fait leur apparition sur le marché. Outre le coût élevé, certains problèmes doivent être résolus.

La puissance de l'aérogénérateur ne devrait pas être inférieure à 15 KW.

3.2.2.3. Les microcentrales hydrauliques :

Comme l'éolienne, la roue à eau a été longtemps utilisée pour moulinier les grains et élever l'eau. Si le site approprié existe, c'est encore une technologie simple et robuste qui peut être utilisée pour produire de l'énergie.

La turbine hydraulique a des performances bien supérieures à celles de la roue à eau.

Les microcentrales hydrauliques sont des générateurs électriques (turbine-alternateur) dont la puissance varie en général entre 5 et 50 KW. Plusieurs milliers de microcentrales hydrauliques fonctionnent en Chine.

La solution microcentrale hydraulique doit être prise en considération si les conditions suivantes sont réunies :

.../...

- le site a des caractéristiques convenables, notamment disponibilité d'un débit permanent et d'une cote suffisante, coût d'investissement minimum pour le génie civil.

- proximité du centre de consommation, afin d'éviter coût élevé et perte de la ligne de transport d'électricité.

Pour améliorer les connaissances sur les potentialités en microcentrales hydrauliques, plusieurs pays africains ont entrepris des programmes d'études et d'inventaire de sites. Quelques projets sont en cours de réalisation.

Les pays au relief peu accidenté et dont les cours d'eau connaissent un régime irrégulier sont peu favorables à l'installation de microcentrales hydrauliques.

3.2.4. Coût des investissements et comparaison économique avec les équipements classiques :

Il est prématuré de dégager des conclusions définitives concernant les coûts des investissements et la rentabilité économique des projets d'énergie renouvelable car l'expérience dans le domaine des applications est assez récente et les cas sont encore peu nombreux. Tant qu'un équipement ne sera pas produit en série pour satisfaire les besoins d'un marché important, son coût restera relativement élevé.

En guise d'exemple on avait escompté une baisse sensible du coût des cellules photovoltaïques. Malheureusement les prix sont restés stationnaires ou avec une légère tendance à la baisse.

Nous donnons en annexe des études de cas au Mali :

1°) Economie comparée d'un chauffe-eau solaire et d'un chauffe-eau électrique à BAKO (Annexe 4).

Le chauffe-eau solaire revient deux fois moins cher que le chauffe-eau électrique.

2°) Coût comparatif au m³ des pompes diesel et des pompes solaires photovoltaïques (fin 1983) (Annexe 2).

3°) Estimation des coûts de revient (coûts au service rendu) par filières (Annexe 3).

On peut en tirer la conclusion suivante : pour les quatre domaines d'application ci-après les équipements d'énergie renouvelable sont compétitifs :

- production de chaleur : chauffe-eau
- pompage : énergie solaire photovoltaïque ou énergie éolienne
- énergie électrique pour sites isolés : générateurs photovoltaïques jusqu'à 10 kWh/jour environ
- centrales électriques de 50 KW et plus : gazogènes

.../...

Enfin d'une manière générale, les coûts d'investissement des équipements renouvelables sont relativement élevés par rapport aux équipements de type classique mais par contre les charges récurrentes sont nettement plus faibles.

3.2.5. Possibilités de fabrication locale des équipements d'énergie renouvelable :

Les possibilités de production locale des éléments ou de la totalité des équipements d'énergie renouvelable dépendent :

- du choix de la gamme des produits susceptibles d'être fabriqués sur place,
- et dans une très large mesure de l'importance du marché.

Avant toute décision de fabrication locale de certains équipements il faut mener une étude de factibilité de production industrielle avec une analyse détaillée et approfondie du marché. L'étroitesse du marché des pays en développement est assez courante, surtout quand il s'agit de produits nouveaux tels que les équipements d'énergie renouvelable. La coopération régionale ou sous-régionale est vivement souhaitable pour obtenir une taille suffisante du marché, C'est ainsi que le CRES a prévu la création de l'UPS (Unité de Production de Système) au niveau des Pays Membres.

Il faut également distinguer les équipements à fabriquer à l'échelle d'un pays ou à l'échelle sous-régionale. Sur le plan national, la production industrielle doit s'appuyer sur les unités existantes qui sont généralement des PME ou des artisans.

L'évaluation du marché doit être fondée sur des données fiables. Elle peut être facilitée si les Etats disposent de programmes nationaux d'équipement à court et moyen terme, comme c'est le cas pour presque tous les pays membres du CRES.

Compte tenu de certains critères tels que notamment l'état de maturité technologique, le coût, la priorité accordée aux domaines d'application, l'acceptabilité par les usagers, on peut fonder un programme de fabrication locale dans les pays de l'Ouest Africain sur d'une part les produits retenus par le CRES et d'autre part :

- l'assemblage et l'encapsulation des photopiles en modules
- certains éléments de l'aérogénérateur (pales, pylone)
- l'assemblage des éléments des générateurs photovoltaïques.

Une unité d'encapsulation n'est viable qu'à l'échelle sous-régionale.

Une "étude de faisabilité d'une unité industrielle de production de matériel solaire" au Mali réalisée en Décembre 1984 par l'ONUDI a montré l'intérêt d'une unité de capacité annuelle de production de 185 chauffe-eau, 70 éoliennes, 10 distillateurs, 5 séchoirs et 25 supports, charpentes, etc... Cependant la rentabilité économique et financière serait faible en raison surtout de l'étroitesse du marché Malien.

C'est pourquoi, pour la sous-région Ouest Africaine, une infrastructure industrielle comprenant une unité industrielle sous-régionale (par exemple l'UPS du CRES) et des petites unités artisanales nationales, nous paraît plus réaliste.

.../...

4. FACTEURS ET CONTRAINTES LIMITANT LE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES :

Malgré les résultats encourageants obtenus depuis la sensibilisation de l'opinion internationale par la Conférence des Nations Unies sur les sources nouvelles et renouvelables d'énergie, de nombreuses contraintes de toute nature limitent le développement des applications des énergies renouvelables. Les pays qui disposent de ressources potentielles importantes en énergie renouvelable doivent prendre les mesures nécessaires pour lever ces barrières et intensifier les efforts pour la diffusion et la commercialisation des produits ayant atteint la maturité technique.

4.1. Les contraintes techniques :

L'analyse des ressources a montré le manque de données disponibles et l'absence d'inventaire. Cette méconnaissance des ressources explique que certains gouvernements des Pays en développement n'aient pas été en mesure de définir le rôle et la place des énergies renouvelables dans leur plan de développement économique et social.

Les informations sur les applications possibles des énergies renouvelables, les coûts des différents types d'équipement, les avantages et les inconvénients par rapport aux équipements conventionnels, ... sont encore peu nombreuses dans certains pays. D'où l'opinion généralement répandue dans ces pays et selon laquelle ces équipements sont encore expérimentaux sophistiqués et coûteux à l'investissement.

Concernant la maturité technique, certains équipements d'énergie renouvelable ont atteint une grande fiabilité. C'est notamment le cas au Mali des installations de pompage photovoltaïque : l'expérience a montré des défaillances au niveau de la pompe et très peu d'incident sur le générateur. Les 9 produits sélectionnés par le CRES sont techniquement mûrs et fiables. Par contre d'autres équipements sont au stade expérimental.

L'absence d'un environnement technologique est également un handicap pour les pays en développement, ce qui limite les interventions sur le site au remplacement des pièces défectueuses.

4.2. Les contraintes de financement :

Les revenus nationaux très faibles des pays en développement ne leur permettent pas de dégager les importantes ressources financières nécessaires pour la réalisation de programmes d'équipement. Le CRES estime par exemple à environ 51 milliards francs CFA le coût de son programme régional (8 pays) en 5 ans, dont 36,4 milliards francs CFA pour les équipements proprement dits et 7,9 milliards francs CFA pour les actions d'accompagnement.

Le concours des Bailleurs de Fonds étrangers est indispensable pour le financement de ces programmes d'investissements. Les coûts d'investissement des équipements sont relativement élevés. Les charges d'entretien sont par contre très faibles, ce qui facilite la prise en charge par les usagers des zones rurales.

Les investissements des équipements collectifs sont financés par le Gouvernement grâce à l'aide des Bailleurs de Fonds ; les coûts d'entretiens sont supportés par les usagers ou les collectivités locales. Dans des cas rares (pompes

.../...

photovoltaïques installées dans la région de SAN au Mali par le Projet MALI AQUA VITA dirigé par le Père VESPIERET) les collectivités rurales apportent en outre une contribution de 10% du coût des investissements.

4.3. Contraintes institutionnelles :

Sur le plan institutionnel le secteur des énergies renouvelables est caractérisé dans la plupart des pays en développement par la multiplicité des organismes d'intervention relevant de Départements de tutelle différents. Il en résulte un blocage de la circulation de l'information et le manque de coordination et l'incohérence des programmes d'action.

Dans certains pays, la définition d'une politique d'ensemble de l'énergie y compris les énergies renouvelables est nécessaire et urgente. Il faut renforcer les organismes chargés de la planification des énergies renouvelables. Il faut également spécialiser les organismes existants ou à créer en précisant leur domaine de compétence : recherche et développement, ingénierie installation et maintenance, production industrielle. La création d'un centre ou d'un organisme de coordination est une priorité absolue.

Enfin pour les équipements collectifs, il faut créer au niveau du village et responsabiliser une structure locale chargée de l'entretien des équipements.

4.4. Faiblesse des ressources humaines :

La plupart des pays en développement ne disposent pas des spécialistes dans les divers domaines des énergies renouvelables. Il y a peu de cadres de recherche, de conception et d'exécution. S'ils existent, c'est le manque d'expérience qui est leur handicap.

Les Etats demeureront tributaires de l'assistance technique aussi longtemps qu'ils ne prendront pas les mesures urgentes et vigoureuses pour la formation des cadres compétents et spécialisés.

4.5. Contraintes sociologiques :

L'acceptation des équipements d'énergie renouvelable par les populations rurales intéressées est un objectif prioritaire. La conception et l'utilisation de ces équipements ne doivent pas heurter les valeurs culturelles et certaines traditions ancestrales.

Seule une action permanente d'information, d'animation et de sensibilisation aux nouvelles technologies, de suivi technique, d'assistance à la gestion peut conduire progressivement à l'adoption massive des équipements d'énergie renouvelable par les populations ; condition indispensable au succès de tout programme de diffusion.

5. ACTIVITES ET ROLE DES ONG DANS LE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES :

L'énergie renouvelable vise à la satisfaction des besoins énergétiques faibles et décentralisés des zones rurales en Afrique et dans les pays en développement. Par son potentiel important et sa compétitivité croissante, notamment dans les sites isolés, elle est appelée à devenir un facteur-clé de développement de la campagne dans les pays en développement.

.../...

L'un des objectifs visés par les ONG (Organisations Non Gouvernementales) est de contribuer au développement des zones rurales avec des moyens limités et en utilisant toutes les ressources locales (humaines, agricoles, pastorales, hydrauliques) y compris les ressources énergétiques telle que la biomasse, les déchets d'origine agricole, animale, etc... qui représentent la part prédominante de l'énergie renouvelable.

Face aux nombreuses possibilités offertes par les applications des énergies renouvelables en milieu rural, certaines ONG se sont intéressées aux technologies simples pour être à la portée du paysan, peu coûteuses et utilisant les matériaux locaux de préférence. Elles ont une attitude plus réservée dès qu'il s'agit de technologies importées avec des équipements sophistiqués très coûteux et peu accessibles au monde paysan.

C'est pourquoi les ONG ont été surtout actives dans le domaine des applications de la biomasse : foyers améliorés, digesteurs.

5.1. Bilan des activités des ONG :

En l'absence d'enquêtes auprès des ONG, il est difficile de dresser un bilan de leurs activités dans le domaine des énergies renouvelables. Nous nous bornerons à citer quelques réalisations.

Malgré l'absence de données statistiques précises, plusieurs ONG ont contribué à la construction et à la diffusion des foyers améliorés en s'appuyant, dans la plupart des cas, sur des organisations de femmes dont le rôle est vital pour la sensibilisation et l'animation. La mise au point et l'essai de prototypes ainsi que l'amélioration des performances sont généralement menés par des laboratoires ou des instituts spécialisés.

Une tendance assez nette se dessine en faveur des foyers améliorés portatifs, de préférence métalliques, et fabriqués par des artisans locaux et qui sont appelés à connaître une très grande diffusion.

Dans plusieurs pays, les ONG, grâce à leur connaissance du terrain et à un précieux capital d'expérience, ont aidé les institutions de recherche à la définition et à l'expérimentation de prototypes mieux adaptés aux conditions socio-culturelles.

5.1.1. Biogaz :

L'utilisation des déchets agricoles, agro-industriels et animaux pour la production du gaz dans un digesteur est une technologie introduite récemment en Afrique grâce à l'expérience de certains pays en développement, notamment l'Inde et la Chine. Dans plusieurs pays africains, les ONG ont, seules ou en collaboration avec les institutions spécialisées, conçu, construit et expérimenté des digesteurs, de préférence sur des sites où des déchets concentrés étaient disponibles en quantité suffisante.

L'expérimentation des digesteurs a révélé certains obstacles : nécessité d'un approvisionnement régulier en déchets et en eau, une construction soignée et surtout une bonne finition du génie civil, étanchéité du digesteur et des conduites de gaz, manipulation du gaz avec précaution, etc...

.../...

Pour assurer une grande diffusion des digesteurs, il faut intensifier la campagne d'information et de sensibilisation auprès des populations rurales africaines qui, dans leur passé, ont peu d'expérience d'utilisation et de manipulation de gaz comme source d'énergie.

L'action des ONG peut contribuer à surmonter cet obstacle d'ordre socio-culturel. Il deviendra alors possible de lancer des programmes importants pour la diffusion de petits digesteurs à l'échelle familiale, comme en Chine.

5.1.2. Les éoliennes :

Les éoliennes sont généralement entièrement importées et rarement fabriquées sur place dans la plupart des pays africains. Au Mali, le Centre de Perfectionnement des Artisans Ruraux de SECOU du Père PLASTIC est probablement la seule ONG de la sous-région qui fabrique des éoliennes.

Bien que préoccupées, par le problème de pompage de l'eau, les ONG sont peu actives dans le secteur des éoliennes, sauf dans les régions où les conditions du vent sont particulièrement favorables.

5.1.3. Les équipements solaires :

Il s'agit là également d'équipements entièrement importés, d'un coût d'investissement élevé mais un coût d'entretien négligeable. C'est ce qui explique le manque d'intérêt des ONG qui disposent de ressources financières limitées.

La crise de l'énergie et le renchérissement du prix du pétrole ont augmenté la compétitivité de l'énergie solaire dans le cas des sites isolés dépourvus de toute source d'énergie. C'est ainsi qu'au Mali, deux ONG oeuvrent dans le secteur de l'énergie solaire : Mali Aqua Viva dirigé par le "dynamique" Père VESPIEREN qui réalise des forages d'eau et les équipe, soit de pompes à motricité humaine, soit de pompes solaires. Dans sa zone d'intervention, M.A.V. a réalisé près de 30 stations de pompage solaires.

Une autre ONG "Iles de Paix" opère dans la région de TOUCOUCOU au Mali et a réalisé 1 ou 2 stations de pompage solaire pour l'irrigation.

Il est courant d'entendre dire par les ONG que les équipements solaires sont sophistiqués et peu fiables. L'expérience acquise au Mali depuis 10 ans permet d'attester une bonne fiabilité de la nouvelle génération de générateurs solaires. Par ailleurs, le générateur solaire est constitué d'éléments entièrement statiques dépourvu de tout système sophistiqué de commande, de régulation ou autres.

5.1.4. Les chauffe-eau solaires :

Technologie facile à mettre en oeuvre, le chauffe-eau solaire est appelé à connaître un développement important surtout dans les villes, ce qui limite l'intervention des ONG.

5.2. Contributions possibles des ONG au développement des énergies renouvelables :

Pour les raisons déjà mentionnées, les ONG sont restées l'ensemble peu actives dans le domaine des applications des énergies renouvelables. Mais les progrès réalisés par les nouvelles technologies, l'intérêt croissant des populations rurales surtout pour les foyers améliorés et les stations de pompage solaires photovoltaïques devraient inciter les ONG à s'intéresser davantage au secteur des énergies renouvelables.

5.2.1. Intensification des activités des ONG dans les domaines prioritaires d'applications :

Les ONG interviennent dans plusieurs pays pour la construction des infrastructures hydrauliques, (puits, forages, ...) et sanitaires (dispensaires et maternités de brousse). Elles peuvent aider les populations rurales intéressées à compléter ces équipements par :

- un équipement de pompage solaire photovoltaïque et le développement des cultures maraîchères,
- une alimentation en électricité solaire de dispensaires et maternités.

D'une manière générale les ONG pourraient intensifier les activités qu'elles mènent actuellement et les étendre en fonction des nouvelles possibilités.

5.2.2. Participation au volet socio-culturel :

Le volet socio-culturel des projets d'énergies renouvelables, y compris l'animation et la sensibilisation, est une tâche particulièrement importante. Les ONG peuvent apporter une contribution appréciable.

5.2.3. Assistance pour la formation et l'entretien des équipements :

Les ONG peuvent également aider les collectivités rurales à former les artisans locaux pour l'entretien et la réparation des équipements collectifs. Elles peuvent apporter une assistance pour la gestion de ces équipements.

5.2.4. Collaboration entre les ONG et les organismes chargés du secteur des énergies renouvelables :

Cette collaboration est indispensable afin de mieux coordonner les actions des ONG et celles des organismes de l'Etat. Elle concerne aussi bien les échanges d'information, la concertation pour le choix des technologies les mieux adoptées, l'organisation de campagne de sensibilisation, etc...

Au plan institutionnel les ONG devraient être représentées au sein des structures nationales de coordination du secteur des énergies renouvelables.

5.2.5. Appui des ONG aux unités artisanales de production :

Les ONG peuvent également apporter une assistance aux artisans locaux afin d'améliorer les performances techniques et financières des équipements d'énergie renouvelable. Elles peuvent promouvoir la création de petites unités artisanales locales notamment pour la fabrication de foyers améliorés métalliques ou en céramique, les petits fourneaux à charbon, etc...

5.2.6. Création des ONG spécialisées dans le domaine des énergies renouvelables

L'intérêt croissant pour les énergies renouvelables peut susciter des vocations. C'est ainsi que dans plusieurs pays certaines ONG envisagent de se spécialiser dans certaines applications prioritaires des énergies renouvelables. De même que l'idée de créer des ONG nationales pour le développement de certaines formes d'énergie renouvelable a fait beaucoup de chemin.

.../...

5. CONCLUSION :

La crise énergétique a donné un nouvel essor au développement des énergies renouvelables dans les pays en développement surtout ceux qui disposent des ressources importantes en biomasse et en énergie solaire et éolienne et qui sont importateurs de pétrole.

Les énergies renouvelables offrent des solutions variantes techniquement et économiquement viables pour la satisfaction des besoins énergétiques faibles et dispersés des zones rurales.

Les technologies des énergies renouvelables ont accompli des progrès remarquables. Certains produits ont atteint un degré de fiabilité et de maturité suffisante pour envisager leur production à l'échelle industrielle ou artisanale et leur diffusion.

Les ONG peuvent jouer un rôle important dans le développement des énergies renouvelables si des mesures sont prises pour les associer à la coordination et à la planification du secteur de l'énergie.

ANNEXE 1

CHAUFFAGE DE L'EAU

ETUDE DE CAS: ECONOMIE COMPAREE D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE ET D'UN

CHAUFFE ELECTRIQUE A BAMAKO

(Source: SEMA/AFME - actualisé 1984)

Localisation: Bamako

Rayonnement solaire global minimum: 3.7 kWh/m² (temps couvert mois de janvier)

Besoins en eau chaude à 50°C (famille de 6 personnes): 6x30=180 l/jour

Température de l'eau froide: 25°C

Besoin calorifique journalier:

$Q = m \cdot t = 180 \times (50-25) = 4\,500 \text{ kcal/j}$ ou 5,23 kWh/j

Surface de capteur nécessaire avec un rendement de 0,5:

Energie calorifique captée: $3,7 \times 0,5 = 1,85 \text{ kWh/m}^2 \text{ capteur/jour}$

Il faudra donc $5,23/1,85 = 2,83 \text{ m}^2$ de capteurs plan.

Comparaison de coûts sur une base annuelle:

	Chauffe-eau solaire	Chauffe-eau électrique
Coût d'investissement	600 000 FM	300 000 FM
Amortissement 10 ans 10% Electricité à 100 FM/kWh (rendement 0.9*)	98 000 FM	45 000 FM 212 000 FM
Total dépenses annuelles	98 000 FM	261 000 FM
Coût au m ³ d'eau chaude **	1 500 FM/m ³	4,000 FM/m ³

* Nombre de kilowatts/heures électriques annuels = $5,23/0,9 \times 365 = 2\,120 \text{ kWh}$ par an

** Il conviendrait d'alourdir légèrement de coût pour tenir compte de l'entretien.

N.B. 100 Francs Maliens (FM) = 1 Franc Français (FF) = 50 Francs CFA

ANNEXE 2

COUT COMPARATIF AU M3 DES POMPES DIESEL ET DES POMPES SOLAIRES
PHOTOVOLTAIQUES (FIN 1983)

(Source: SEMA ENERGIE/AFME)

Valeur en FF

	Groupe électrogène diesel+pompe électrique immergée	pompe photovoltaïque 1300 W crete	
Hauteur manométrique	30 m	30 m	
Débit nominal	7 m ³ /h	32 m ³ /jour	
Durée annuelle de fonctionnement	1.800 h	1,800 h	
Volume annuel pompé	12 600 m ³	11 500 m ³	
Investissements (en FF) groupe+pompe+cabine pompage pompe photovoltaïque	125 000	270.000	
Amortissement annuel (en FF) Avec taux d'intérêt 10%	Durée de 4 à 10 ans 24 900	Durée 10 ans 43 900	Durée 15 ans 36 000
Frais de fonctionnement annuels gas oil*, huile, main d'oeuvre entretien	37 600	8 000	8 000
entretien périodique		51 900	44 000
Coût total annuel	62 500	8 000	44 000
Prix de revient du m ³ pompé (ouvrage et distribution exclus)	4,95 F/m ³ (soit 495 FM/m ³)	4,50 F/m ³ (450 FM/m ³)	3,80 F/m ³ (380 FM/m ³)
dont frais de fonctionnement	3 00 F/m ³	0,70 F/m ³	0,70 F/m ³

* gas oil: 16 200 FF/an sur une base de 6 FF/l (frais de stockage inclus); un second tableau est présenté en annexe pour un prix du gas oil de 4 FF/l (400 FM, distribution et stockage non inclus).

N.B. 1 Franc Francais=50 Francs CFA

ANEX 3

ESTIMATION DES COÛTS DE REVIENT (COÛTS AU SERVICE RENDU) PAR FILIERES

(Source: Planification de l'Energie, Annexe IV, par Trans Energy
Janvier 1985)

Filière et domaine d'application	Coût * d'investissement (durée de vie)	Production ou service rendu	Coût/service rendu (amortissement + fonctionnement)
Chauffe-eau solaire	600 000 FM (10 ans)	180 l/jour à 50°C	1 500 FM/m ³
Distillateur solaire (1 m ²)	150 000 FM (10 ans)	3 à 4 l d'eau distillée/jour	20 FM/l
Pompe solaire photovoltaïque 1 300 W crête	27 000 000 FM (15 ans)	32m ³ /jour à 30 m	300 à 400 FM/m ³ (dont 70 FM coût fonctionnement)
Aérogénérateur de pompage (vitesse moyenne du vent 5 m/s)	14 800 000 FM (10 ans)	40m ³ /jour à 30 m	200 FM/m ³
Eolienne "Sahores" type Plasteig (vitesse moyenne du vent 3 m/s)	450 000 FM (3 ans)	6 m ³ /jour à 15m (équivalent à 3 m ³ /jour à 30m)	197 FM/m ³
Générateurs d'électricité photovoltaïque (100 W crête ou 10 W permanent)	1 500 000 FM (15 ans)	250 Wh/jour	2,5 FM/Wh
Kit d'éclairage photovoltaïque (33W crête - 4 tubes fluorescents)	600 000 FM (15 ans)	4 x 3 h/jour d'éclairage	230 FM/jour
Réfrigérateur photovoltaïque (60 + 15l)	1 500 000 FM (15 ans)	Conservation produits aliment &/ou pharmaceut.	500 FM/jour
Digesteur à biogaz (6 m ³ , fonct.continu)	450 000 FM (10 ans)	3 m ³ /jour à 60% CH ₄	100 FM/m ³
Gazogène & groupe électrogène (300 kW)	100 000 000 FM** (10 ans)	2 000 kWh/jour	60 FM/kWh**

** Données à préciser
N.B. 100 Francs Malien (Fil) = 1 Franc Français - 50 Francs CFA

* Coûts d'investissements comprenant l'équipement et le montage.