

CENTRE DE RECHERCHES EN ECONOMIE

APPLIQUEE

C.R.E.A.

lex.

La pénétration des énergies nouvelles et renouvelables dans les pays du Tiers - Monde.

Par : Melle F. K I H E L

CENTRE DE RECHERCHES EN ECONOMIE APPLIQUEE C.R.E.A.	
DOCUMENTATION	
DATE D'ENTREE	22/10/83
N° D'ORDRE	2599

Juillet 1983.

PLAN DU RAPPORT

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : POSSIBILITES D'UTILISATION DES E.N.R. DANS LES ZONES RURALES DES PAYS DU TIERS-MONDE.

I.1 : Détermination des besoins immédiats en énergie, des zones rurales des P.T.M.

I.2 : Les applications possibles de l'énergie solaire dans les zones rurales.

A : L'énergie solaire sous sa forme directe

B : L'énergie de la biomasse

DEUXIEME PARTIE : DOMINATION DU MARCHE ET ALTERNATIVES DANS LE TIERS-MONDE.

II.1 : Stratégies de contrôle des moyens de production.

A : Stratégies des Etats.

B : Stratégies des firmes.

II.2 : Production et marché mondial des biens d'équipement solaire (B.E.S.).

A : Industrie et marché des B.E.S. dans les pays capitalistes.

B : Le marché du tiers-monde.

II.3 : Limites et conditions de la pénétration des ENR dans les pays du tiers-monde.

CONCLUSION

LISTE DE TABLEAUX

Première partie :

- I.1 : Les réserves mondiales de pétrole, de charbon et de gaz .
- I.2 : Les besoins en énergie des zones rurales des pays du tiers monde .
- I.3 : Part du bois de chauffage dans la consommation totale d'énergie des pays du tiers-monde .
- I.4 : Besoins d'eau typique des différents systèmes d'irrigation à 25 ° de latitude Nord .
- I.5 : Points forts et faibles des filières photovoltaïque et thermodynamique .
- I.6 : Temps de cuisson dans un four solaire installé à Jodhpur (Inde).
- I.7 : L'arbre solaire : Eventail des vecteurs et des usages énergétiques issues du rayonnement solaire et capté directement par les plantes et les capteurs physiques .

Deuxième partie :

- II.1 : Le budget solaire américain pour l'année 1981 .
- II.2 : Budgets de R.D solaire en 1980 ; investissements des états .
- II.3 : stratégies de contrôle de la production de R.E.S par quelques firmes (1981).
- II.4 : Les marchés des E.N.R dans les pays développés .
- II.5 : Evaluation de la vente des capteurs solaires en France de 1978 à 1982
- II.6 : Sondage solaire en Alsace .
- II.7 : Evaluation de la surface de capteurs vendus en R.F.A en 1979 et 1980 par 30 entreprises .

- II.8 : Evaluation de quelques projets des pays développés .
- II.9 : Les E.N.R dans les pays du tiers-monde
- II.10 : Evaluation de quelques projets de pays arabes (1982)
- II.11 : Evaluation de quelques projets de pays africains (1982)
- II.12 : Evaluation de projets des autres pays du Tiers-monde .
- II.13 : Accord entre l'ONUDI et les P.T.M., relatifs à la mise en valeur des E.N.R.
- II.14 : Activités d'assistance technique relatives aux emplois industriels des E.N.R (ONUDI) .

INTRODUCTION :

La transition du charbon au pétrole a été la première grande mutation de la dépendance de l'économie mondiale à l'égard des différentes sources d'énergie.

La deuxième grande mutation est le passage progressif des hydrocarbures, notamment le pétrole, au nucléaire, au retour au charbon et aux sources d'énergies nouvelles et renouvelables (E.N.R.).

A partir de 1974, la structure de la consommation énergétique mondiale a commencé à changer ; la réalité de l'approvisionnement pétrolier devenait de plus en plus évidente : si la forte dépendance à l'égard du pétrole continuera pendant les deux ou trois décennies prochaines, elle n'exclut pas une transition inévitable à long terme. En effet, depuis la deuxième guerre mondiale, la demande d'énergie s'est accrue à un rythme annuel régulier de 5,3% soit plus de 200 % depuis 1940 (1).

Cette transition énergétique va avoir des conséquences différentes selon les pays. Les économies développées pourraient continuer à fonctionner en intensifiant la prospection hors de leur territoires et en développant les sources d'énergie classiques (charbon, gaz, pétrole...) d'une part et d'autre part en utilisant les sources d'E.N.R, dans l'hypothèse que d'ici 2000-2005, les efforts de ces pays dans les domaines de la conservation de l'énergie, de la R.D des sources d'E.N.R. et le passage à de nouvelles générations de technologies nucléaires auront donné des résultats concrets.

Les pays du tiers-monde (P.T.M.), quant à eux, auront besoin de grandes quantités d'énergie pour pouvoir réaliser un taux de croissance économique minimum, pour faire face aux accroissements démographiques inévitables et satisfaire les besoins de l'urbanisation et de la "modernisation" (2).

Dans cette conjoncture, les SENR pourraient représenter un apport important à long terme pour la satisfaction de ces besoins.

(1) Nord-Sud actualités : Sept. 1981 : "les énergies renouvelables".
Par A.A. KABOU - p. 14.

(2) La Banque mondiale a calculé que vers 1990, les pays du tiers monde auraient besoin d'au moins 10 millions de barils de pétrole Sup./j. les 3/4 devraient être importés.

Tableau I.1. Les réserves mondiales de pétrole, de charbon et de gaz :

Régions	Réserves récupérables (10 ⁶ t)			Production (10 ⁶ t année)			Rapport, Réserve/production (année)		
	Pétrole	Charbon	Gaz	Pétrole	Charbon	Gaz	Pétrole	Charbon	Gaz
U.R.S.S.	8.138	136.600	17.136	394	694	212	21	197	81
ASIE	53972	97 549	12.241	1021	586	151,2	53	295	81
U.S.A.	5569	181 781	7556,5	436,15	509,94	637,5	13	356	12
CANADA	1075	5537	2576	69,41	17,64	73,11	15	315	35
AMÉRIQUE LATINE	7599	2803	1591	218,3	10,98	70,57	35	255	23
EUROPE	1394	126 775	4513	35,43	1117,68	179,5	39	113	25
AFRIQUE	12 848	15 628	5709	272,4	60,44	38,82	47	259	147
OCEANIE	229	24 518	693,5	15,4	85,29	3,75	15	287	186
Total	91 529	591 191	52 532	2493	3081,97	1389	37	192	38

SOURCE : d'après Survey of Energy resources 1974 - World Energy conference . Dans " sortir de l'ère du gaspillage " 4ème rapport au club de Rome, par D. GABOR et UMBERTO COLOMBO, ed. DUNOD Paris 1978, pages 30 et 33 .

Ce processus de transition étant lié à des transformations de la structure économique - qui aboutiraient à une modification des schémas de production, ceci du fait même de la diversité des sources d'énergie d'une part, et d'autre part de la modification du modèle de consommation - deux priorités s'imposent :

1°- La modification du bilan énergétique actuel basé essentiellement sur les hydrocarbures.

2°- Les modifications profondes apportées aux structures économiques futures, fondées sur des réalités énergétiques, technologiques et financières nouvelles, dans le cadre des objectifs auxquels aspirent les pays du tiers-monde.

En effet la sécurité d'un approvisionnement énergétique est un motif de préoccupation nationale immédiate qui va permettre à plus long terme une réorientation progressive des schémas de consommation énergétique. Il faut donc dès maintenant penser à planifier la forme nouvelle de l'offre et de la demande future d'énergie. La réflexion à cet égard doit être aussi novatrice que possible et encourager l'élaboration de nouvelles approches du développement.

Deux choix, à priori, semblent possibles :

1°- une stratégie de développement intraverti à savoir la substitution de matériaux locaux aux matériaux et facteurs importés nécessaires au développement et à la croissance économique, cette dernière étant auto-entretenu et renvoie à l'indépendance au plan des moyens (financiers, intellectuels et matériels) nécessaires au développement.

2°- Une stratégie de développement extraverti où les rôles du secteur privé étranger en tant que partenaire dans les projets liés à l'énergie, et du système bancaire étranger, dans le financement de ces projets, seront très importants.

Notre analyse s'inscrit dans le cadre de la première stratégie. Il se pose à nous, alors, le problème de savoir suivant quelles voies et avec quelle importance la pénétration de ces "nouvelles" formes d'énergies devrait avoir lieu.

Cet essai comporte deux parties :

Dans la première nous nous intéresserons à la possibilité d'utilisation de l'énergie solaire, sous la forme directe (rayonnement) et sous une de ses formes indirecte (biomasse) pour la satisfaction des besoins immédiats des populations des zones rurales des pays

du tiers-monde.

Dans la deuxième partie nous essayerons de déterminer les modalités d'acquisitions des biens d'équipement solaires, dès lors qu'ils sont spécifiques, et la stratégie des P.T.M. dans ce domaine, face aux firmes multinationales.

I- POSSIBILITES D'UTILISATION DES SOURCES D'E.N.R. DANS LES ZONES RURALES DES PAYS DU TIERS-MONDE :

Le passage progressif de l'énergie fossile aux nouvelles sources d'énergie, apparait indispensable pour la survie des pays du tiers-monde. Ces derniers, notamment ceux non producteurs de pétrole, ont été durement touchés par la révalorisation du prix de cette énergie et ont de plus en plus de difficulté à faire face à leurs besoins en énergie ; leur croissance économique et le développement de leur agriculture dépendent étroitement du pétrole. Le prix de ce dernier ayant augmenté, ils sont généralement dans l'impossibilité de compenser l'effet de la hausse par un accroissement des exportations et de ce fait leurs importations de ressources fossiles sont de plus en plus problématique.

De plus dans ces pays, les réseaux de distribution d'énergie ne permettent de desservir qu'une faible partie de la population.

Les sources non conventionnelles couvrent 80 % des besoins immédiats en énergies des zones rurales des P.T.M. Ces dernières ne nécessiteront donc pas de changements structurels fondamentaux pour mieux utiliser ces sources.

Les pays du tiers-monde sont riches en "gisements" solaires mais pauvres en moyens de l'"extraire". En effet en plus de la malnutrition, des insuffisances sanitaires et des connaissances rudimentaires, ils souffrent d'un manque de moyens, notamment en énergie et en capacité de gestion, de faculté d'organisation et d'administration ; d'une incapacité de "créer une organisation et de la faire fonctionner". L'utilisation des ENR peut, dans une certaine mesure, jouer en faveur d'une amélioration de ces conditions difficiles.

I-1. DETERMINATION DES BESOINS EN ENERGIE DES ZONES RURALES DES P.T.M.

Dans les zones rurales défavorisées le problème de l'énergie est l'un des symptômes de la pauvreté dont les causes profondes sont d'origine sociale et économique. Ces populations sont dans l'incapacité d'utiliser efficacement les sources d'énergie disponibles

par manque d'infrastructures, de techniciens et de structures organisationnelles.

Des faibles niveaux d'utilisation d'énergie sont associés à la situation de pauvreté - absence de revenus monétaires pour l'achat d'énergie - dans laquelle se trouve ces populations.

L'essentiel de la demande énergétique du tiers-monde se manifeste de façon dispersée en se maintenant à une petite échelle.

En effet, la majorité de la population de ces pays vit à la campagne. En Afrique 90 % de la population vit dans des villages de 75 à 3.000 habitants dont la consommation d'énergie n'excède pas quelques MWe.

Ainsi un faible accroissement de la quantité d'énergie consommée, par tête peut se traduire par une augmentation sensible de la qualité de la vie mesurée en termes d'amélioration de la santé, d'accès à l'éducation et d'accroissement du revenu.

L'agriculture occupe une place privilégiée dans les systèmes énergétiques du monde rural, à la fois en tant qu'activité économique principale utilisant l'énergie commerciale et non commerciale ainsi que comme fournisseurs de denrées alimentaires et d'énergie aux foyers, industries et services ruraux.

La pénurie en matière d'approvisionnement énergétique affecte à la fois les exploitants pratiquant une agriculture de subsistance et les autres agriculteurs qui ont besoin d'énergie classique pour développer la production agricole et les activités qui lui sont liées.

Mais la part de l'énergie commerciale consommée par la production agricole au niveau de l'exploitation reste très faible - inférieure à 5 % de la consommation globale selon les études de la FAO et de la banque mondiale. En Inde la consommation en énergie de l'agriculture a été de 70 Kwh/hect/an en 1979 alors qu'elle était de 11.000 Kwh/hect/an aux USA (1).

Une enquête de référence de la FAO estime qu'en 1972-73, la part de la production agricole dans la consommation totale de l'énergie commerciale dans le monde a été de 3,5 %, les pays du tiers-monde qui représentent plus de deux tiers (2/3) de la population

(1) Conférence Mondiale de l'énergie : 1.B. article "les systèmes énergétiques intégrés pour le développement rural - une approche indienne" : Par A.K.W. Reddy et D.K. Subramanian India. Page 103.

Tableau I 2 : Besoins en énergie dans les zones rurales des pays du tiers-monde :
en millier de kilocalories/Personne/Jour :

Pays		Inde	Chine Hon-Nan	Tanzanie	Nigéria Septentrionale	Mexique Septentrional	Bolivie	Bengladesh
Energie								
- travail humain		0,67	0,64	0,64	0,61	0,75	0,71	0,67
- travail animal		1,00	0,92	--	0,13	1,30	1,83	1,00
- Bois de chauffage		2,87	13,69	15,07	10,27	9,70	22,83	0,93
- Résidus de récoltes		1,16						1,65
- Fumier		0,67						0,57
Total de l'énergie non commerciale		6,36 ~ 89,45%	15,25 ~ 86,45%	15,71 ~ 100%	11,01 ~ 99,36%	11,75 ~ 31,85%	25,37 ~ 100%	4,82 ~ 92,87%
- Charbon, pétrole, gaz et électricité		0,53	2,05	--	0,02	19,81	--	0,27
- Engrais chimiques		0,22	0,34	--	0,05	5,33	--	0,10
Total de l'énergie commerciale		0,75 ~ 10,5%	2,39 ~ 13,54	--	0,07 ~ 0,63%	25,14 ~ 68,15%	--	0,37 ~ 7,13%
Total général		7,11	17,64	15,71	11,08	36,89	25,37	5,19

Source : Les énergies renouvelables : "techniques d'utilisation dans le tiers-monde rural" : Par N.L.
BROWN. éd. : tendances actuelles. Paris 1979.

Tableau I.3 : Part du bois de chauffage dans la consommation totale d'énergie.

Régions ou Pays	Pourcentage
- Afrique	60%
- Amérique Latine	20%
- Europe de l'Ouest	0,7%
- Inde (Moyenne Nationale)	56%
- Inde (Zone rurale)	93%
- Monde	10%

Source : Revue de l'énergie n°333 1981. Pour une action internationale systématique dans le domaine des sources d'énergie Alternatives: "Par R. Gicquel p. 168.

mondiale, n'ayant utilisé que 18 % de cette part dans la période considérée (1).

Mais la fourniture de cette petite quantité d'énergie reste vitale et doit être assurée de manière impérative si l'on veut éviter des chutes de rendement de production agricole aux conséquences extrêmement dures pour les populations rurales.

Cette absence d'énergie commerciale entrave l'application de méthodes agricoles modernes et le développement socio-économique.

On observe entre 1967 et 1976 (base 100 : période 1961-65) un accroissement de la production alimentaire de 28 % alors que pour la même période la croissance démographique est de 33 % (2). La population active de ces pays est de l'ordre de 70 à 90 % selon les pays ; ainsi la reproduction de la force de travail est de plus en plus précaire, favorisant un taux de migration élevé vers les centres urbains déjà surpeuplés.

Ce problème de l'énergie est aggravé par un faible pourcentage de villages dotés en électricité d'une part, et d'autre part par un nombre important de besoins couverts par des énergies non commerciales (bois de feu, bouse de vache, déchets végétaux...). Ces énergies représentent 40 à 50 % de la demande totale, pouvant aller jusqu'à 90 % pour les pays d'Afrique (3) subsaharienne (voir tableau 2).

Cette demande d'énergie va satisfaire les besoins de cuisson, de l'agriculture, de transport ect... des populations rurales ainsi que ceux des populations les plus pauvres des centres urbains.

De ce fait une bonne partie des besoins énergétiques des pays du tiers-monde est aujourd'hui assurée par des énergies non commerciales.

La consommation d'énergie non commerciale atteint 45 % de la consommation totale d'énergie en Inde et représente le combustible quasi exclusif d'environ deux milliards de personnes dans le monde.

-
- (1) Rapport présenté par l'organisation des Nations-Unis pour l'Alimentation et l'agriculture (F.A.O.) à la conférence des Nations-Unies sur les E.N.R. Nairobi (Kenya) 10-21 août 1981.
 - (2) Nations-Unies, annuaire statistique 1977. repris dans : "l'aide au sous-développement" de H. Raulin et Edgar-Rainaud - I.G.D.E.S. PUF, 1980.
 - (3) Rapport présenté par le fonds international du développement agricole à la conférence des nations-Unies sur les ENR Nairobi (Kenya) 10-12 août 1981.

Dans les zones rurales des pays du tiers-monde les consommateurs s'occupent eux mêmes du ramassage du bois de chauffe et des excréments d'animaux et font le travail sans recourir à d'autres sources d'énergies.

Dans certains pays cette pratique de ramassage du bois a entraîné le déboisement, l'érosion des sols et la désertification. Ce grand déséquilibre entre l'offre et la demande de bois à brûler affecte particulièrement les secteurs ruraux des économies du tiers-monde.

Ainsi 101 millions de personnes souffrent actuellement d'une grave pénurie en bois , dont 89 millions en zones rurales(1).

Plus de 1,05 milliards de personnes connaissent des déficits croissants en bois à brûler (2) (voir tableau I.3). L'utilisation croissante du bois à brûler dans les petites industries villageoises (traitement de tabac, séchage du thé, fabrication de pain,...) aggrave la situation.

De nombreuses familles qui bénéficiaient d'un bois à brûler "gratuit" dépensent aujourd'hui 10 % à 40 % de leur revenus annuels à l'achat de cette énergie (3).

Au Népal et en Tanzani, chaque famille emploie à plein temps un de ses membres pendant 230 à 300 j/an pour ramasser le bois dont elle a besoin ; au Burundi, les familles pauvres consacrent le tiers de leurs revenus au combustible qui leur sert à faire la cuisine (4).

I-2. APPLICATION DES SOURCES D'ENR DANS L'AGRICULTURE

L'énergie solaire offre de grandes possibilités dans tous les pays et semble être l'une des options énergétiques les plus prometteuses pour les pays du tiers-monde notamment dans les zones rurales.

(1) Le courrier n° 71 : janvier-Février 1982 : Dossier : "les énergies nouvelles".

(2) Le courrier n° 71. Idem.

(3) Le courrier n° 71. Idem.

(4) Nord-Sud - Actualités : septembre 1981 "l'autre crise de l'énergie, un défi et une chance" par Prem Shamkar Jha. page 12.

Les pays du tiers-monde sont relativement bien dotés en énergie solaire et en énergie de la biomasse. N'étant pas tributaire des infrastructures liées aux réseaux des énergies traditionnelles, le développement de l'énergie solaire va permettre de décentraliser la production.

Depuis toujours, l'énergie solaire a été utilisée de façon passive ou par l'intermédiaire de la biomasse, et ces utilisations ne nécessitent que des perfectionnements, dans un premier temps. Il est possible de créer dans certaines zones des installations utilisant le soleil comme source énergétique, là où, par exemple, il suffirait de peu d'énergie pour l'extraction de l'eau et l'irrigation. L'énergie solaire peut être utilisée aussi, pour le séchage, la distillation et autant d'applications qui peuvent avoir un grand intérêt pour certaines économies agricoles locales.

Il en est de même pour certaines formes indirectes telle que l'énergie de la biomasse.

A) L'énergie solaire sous sa forme directe : les filières technologiques :

Les besoins seront classés par ordre de priorité.

1°) l'irrigation

a) Le pompage de l'eau :

Dans une région aride et chaude, le minimum absolu pour la survie de l'homme est de 3 l/j d'eau, celui-ci ne pouvant ni bouger, ni travailler.

Divers statistiques fournissent les besoins types suivants⁽¹⁾:

- hommes : 20 l/j.
- moutons: 15 l/j.
- vaches : 80 l/j.

Si on y ajoute les besoins d'eau pour l'irrigation, la consommation totale d'eau va augmenter de façon excessive. En règle générale pour la production d'un kg de matière végétale sèche, il faut 300 à 500 kg d'eau. De plus l'accroissement de la productivité

(1) P.J. FRIEDRICH : L'eau et l'énergie solaire. Dans conférence internationale. "l'énergie solaire au service du développement". 1979.

Tableau I.4 : Besoins d'eau typique de différents systèmes d'irrigation à 25° de latitude nord :
valeur moyenne en m³/J/ha.

B E S O I N S	Janvier	Février	Juillet	Moitt
- Consommation des plantes	14	19	55	48
Besoins d'eau par :				
• Simple submersion	20	26	77	64
• Arrosage / Aspersión	17	23	67	57
• Pulverisation	16	21	62	53

Source : P.J. FRIEDRICH : "L'eau et l'énergie solaire", dans "L'énergie solaire au service du développement" conférence internationale 1979 • P.57.

de l'agriculture et le traitement des produits agricoles au niveau des communautés rurales suppose la disponibilité de plus en plus grande d'eau et d'énergie.

L'exhaure de l'eau reste, dans une large mesure liée à l'énergie physique de l'homme et de l'animal. Mais dans certains cas - centres villageois importants - les groupes électrogènes Diesel sont utilisés. Ces derniers ont un coût de maintenance élevé nécessitant le transport du combustible.

Cette dernière forme d'exhaure de l'eau présente, d'une part une dépense importante d'énergie et d'autre part un coût croissant - 15 à 20 %/an pour les groupes Diesel de 1 à 10 Kw dans certains centres éloignés, au prix, en 1975, de 5 FF à 10 FF/Kwh -(1).

Dans les zones rurales des P.T.M. la corrélation entre les besoins en eau et l'ensoleillement est assez bonne. L'énergie solaire peut-être à terme, la meilleure source d'énergie pour la satisfaction d'une grande partie de ces besoins. Deux solutions sont possibles :

- L'utilisation de cycles thermodynamiques à basse température.
- L'utilisation des photopiles solaires.

Dans la conversion thermodynamique, l'énergie solaire est convertie d'abord en chaleur, stockée éventuellement sous cette forme, puis transformée en énergie électrique dans une machine thermique classique.

Dans la deuxième voie, la conversion directe, il est fait appel aux photopiles pour transformer la lumière en électricité.

Pour l'exhaure de l'eau, la conversion photovoltaïque conduit à la réalisation de systèmes simples et robustes, comprenant les trois seuls éléments indispensables : les cellules solaires, un moteur électrique et une pompe.

Pour un village de 1.000 personnes l'équipement pèse environ 850 kg. Ce groupe de pompage est facilement transportable et son montage demande un jour ou deux, ce qui constitue des avantages

(1) Forum agriculture et soleil : Montpellier, 21-22 juin 1979.
Article : " exhaure de l'eau par voie solaire" de M. GADENE.
P. 87.

considérables pour des pays où les communications sont difficiles et la capacité des nappes d'eau mal connues (1). La voie photovoltaïque implique une sophistication technologique telle que l'on peut difficilement envisager de les fabriquer à l'heure actuelle dans les pays du tiers-monde (2). Mais la baisse rapide du prix des photophiles peut favoriser à terme, la pénétration de cette filière. En effet le système photovoltaïque (rendement 5-6 %) concurrence largement le groupe Diesel dans la gamme des puissances inférieures à 5 Kw.

Les centrales de pompages thermodynamique restent actuellement compétitives pour les puissances supérieures à 5 Kw. Mais ces pompes ont l'avantage d'utiliser un matériau (le capteur plan) pouvant être fabriqué par les pays du tiers-monde.

Tableau 5 : Points forts et faibles des filières photovoltaïque et thermodynamique.

	Thermodynamique	Photovoltaïque
Points forts	- Les rendements plus élevés, se traduisant par un encombrement moindre. - disponibilité immédiate des technologies mécaniques.	- simplicité, la modularité et la fiabilité. - perspectives d'industrialisation.
Points faibles	- complexité et poids - importance des effets d'échelle, mal adaptés à une énergie répartie. - industrialisation plus difficile.	- le stockage de l'énergie électrique en batteries d'accumulateurs, lourdes et coûteuses.

Sources : Futuribles : juillet-août 1981 :

"L'énergie solaire à l'horizon 2.000". Par M. Claverie et A. Dupas.

En plus de l'irrigation, l'eau pompée grâce à l'énergie solaire pourrait servir à alimenter les villages en eau potable pour les usages domestiques et sanitaires, le manque d'eau potable ainsi qu'une couverture sanitaire insuffisante favorisent le développement de maladies, notamment infantiles.

(1) d'autres pompes, produites par la SOFRETES ont un rendement moyen de 30 m³/j pour une hauteur de pompage d'environ 20 m et 5 à 7h de fonctionnement journalier. Cette installation peut fournir 20l d'eau/j à 1.500 personnes, ou abreuver 750 bêtes de bétail à raison de 40 l d'eau/bête/j.

(2) A l'exception de quelques pays tels que l'Inde qui fabrique des photophiles.

Une pompe solaire éviterait aux villageois la corvée harassante qui consiste à aller chercher de l'eau à plusieurs kms du lieu d'habitation. La production d'eau douce pourrait couvrir une large part des besoins du village et permettrait - de même qu'une pompe solaire - aux femmes et aux enfants de disposer de plus de temps qu'ils pourraient consacrer à d'autres activités plus productives.

b) Le dessalement de l'eau saumâtre :

Le dessalement de l'eau saumâtre ou salée joue un rôle fondamental dans l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation des produits de haute qualité et l'irrigation par mélange de l'eau dessalée à l'eau saumâtre.

La teneur en sel de l'eau potable est relativement faible⁽¹⁾:

- eau saumâtre : teneur 15.000 - 10.000 p.p.m.
- eau potable : max de teneur admissible : 500 p.p.m.
- eau salée : teneur 10.000 p.p.m.
- teneur admissible : max : 1.500 p.p.m.

L'énergie solaire est utilisée depuis longtemps comme source d'énergie pour la production par distillation d'eau douce à partir d'eau salée. Il s'agit de réaliser artificiellement et à petite échelle ce que la nature fait journellement et à grande échelle (2).

Pour cet apport, limité mais fondamentale - dans un premier temps - la distillation de l'eau par l'énergie solaire mérite un développement accentué dans l'agriculture.

c) L'utilisation des serres et économie de l'eau :

Le premier moyen permettant d'économiser l'eau dans les zones arides consiste à faire des cultures sous plastiques pendant les périodes où la température est basse et l'évapotranspiration faible. On peut ainsi économiser l'eau en recourant à des techniques appropriées :

(1) P.J. FRIEDRICH : "L'eau et l'énergie solaire". op. cité.

(2) Le dispositif le plus simple est le suivant : sur une étendue d'eau salée de superficie limitée, est placée une couverture de verre ou de matière plastique qui sert de collecteur plan du rayonnement solaire et fait en même temps écran au rayonnement de grande longueur d'onde, émis de la surface de l'eau. Le rayonnement solaire chauffe l'eau de la cuve jusqu'à ce que la couverture de l'eau se condense alors sur la face interne de la couverture et s'écoule dans des gouttières prévues à cet effet ; la vitre étant plus froide que l'eau. Le bac étanche doit être fortement absorbant au rayonnement solaire, d'où il est noircit, à cette fin.

- le compostage et labour pour favoriser la formation de racines, ombrières naturelles ou artificielles.
- brise - vent isolant les zones irriguées des zones sèches.
- irrigation goutte à goutte.
- sélection de variétés résistantes à la sécheresse.

2°) La cuisson des aliments.

L'énergie pour la cuisson entre pour une part importante dans la consommation d'énergie des pays du tiers-monde notamment dans les zones rurales. En effet elle occupe la première place dans la classification par besoins énergétiques des zones rurales.

La cuisinière solaire permettrait en plus des services rendus à la ménagère, d'éviter la destruction des forêts et des espèces ligneuses, habituellement utilisées à des fins de chauffage et de cuisine. Le déboisement résultant de cette pratique croît quelques fois plus rapidement que les possibilités naturelles de renouvellement.

Plusieurs technologies ont été développées. On peut trouver des appareils classiques de cuisson solaire composés de capteurs qui réfléchissent la lumière vers un foyer de 20 à 30 cm de diamètre. Ces réflecteurs concentrent le rayonnement solaire jusqu'à une puissance effective de cuisson de 0,25 à 0,5 Kw. Mais ces appareils doivent être réorientés vers la trajectoire du soleil, toutes les 15 à 30 mn.

Il existe aussi des fours solaires qui produisent une énergie équivalente à celle d'un four alimenté par un combustible classique (voir tableau I.6).

Dans la réalité, ces techniques se sont heurtées à des réticences d'origine coutumière et financière. Néanmoins dans certains pays on arrive à fabriquer des appareils qui répondent à ce type d'exigence.

Ainsi au Sénégal on utilise des cuisinières en argile dites Ban ak suuf (1) (sable et argile en oualof) qui sont un bon exemple d'amélioration de technologie endogène.

(1) Nord-Sud actualités : septembre 1981.

Tableau I/6 : Temps de cuisson dans un four solaire installé à Jodhpur (Inde).

Type d'aliment	Temps de cuisson, en mn.
1). <u>Pour cuire à l'eau</u>	
a) du riz (1 Kg).	45 mn
b) des pommes de terres (1 Kg).	50 mn
c) d'autres légumes (1 Kg).	60 mn
2). <u>Pour rotir</u>	
a) des pommes de terres (1 Kg).	60 mn
b) du poulet (1,5 Kg).	60 mn
c) du poisson (1 Kg).	20 mn
3). <u>Pour cuire "au four"</u>	
a) un gâteau (1 Kg).	50 mn
4). <u>Pour porter à ébullition</u>	
a) du thé (4 tasses).	25 mn
b) du lait (1 litre).	45 mn
c) de l'eau (1 litre).	45 mn

Source : "Les applications de l'énergie solaire dans l'agriculture": Rapport transmis par le gouvernement des Etats-Unis d'Amérique. Etabli par Mme C. Myers et M.C.J. Mackson. page 49. New-York - 1982.

En inde on a inventé un "panier solaire" à partir de matériaux locaux et selon des techniques artisanales (1).

3°) L'énergie solaire pour l'éducation et les soins médicaux.

Un peu d'énergie peut améliorer sensiblement les moyens d'éducation et permettre de **relier** les sites isolés au reste du monde grâce à un radiotéléphone et une télévision. En effet de petits gén-

(1) Il s'agit d'un "Tokra" en bambou dont l'intérieur est en papier mâché tapissé de papier d'aluminium. Le papier mâché (à base de farine, de methi et de lambeaux de papier) et le bambou sont façonnés sur un moule en plâtre de forme parabolique. Après séchage, le moule est retiré, l'intérieur du panier est lissé, et du papier d'aluminium y est collé pour former le miroir parabolique.

rateurs photovoltaïques suffisent à alimenter en électricité les récepteurs radio et télévision dans les zones lointaines et facilitent ainsi l'alphabétisation et l'éducation des "populations".

De même, cette énergie solaire vouée dans un premier temps à la satisfaction des besoins spécifiques minimums, peut être utilisée à d'autres besoins, et à une échelle plus grande, telle que l'électrification, pour l'éclairage notamment.

De la même manière, un minimum d'action sanitaire peut être réalisé grâce à l'énergie solaire. Cette dernière est nécessaire pour purifier l'eau, pour le transport et la réfrigération des médicaments et notamment les vaccins, pour la stérilisation du matériel chirurgical et pour le chauffage de l'eau nécessaire à certains soins ; par exemple, on peut utiliser dans les dispensaires de brousse qui ne peuvent pas toujours disposer de l'énergie nécessaire pour assurer la stérilisation du matériel hospitalier, des concentrateurs solaires ou des cuisinières solaires à ces fins.

Cette contribution pourrait améliorer nettement les conditions d'hygiène des zones rurales éloignées.

4°) Séchage des récoltes et des poissons :

Le séchage des produits agricoles peut être effectué par circulation d'air chaud. Il s'agit de combiner l'effet thermique nécessaire à la vaporisation de l'eau retenue dans le produit et l'entraînement de la vapeur d'eau libérée dans un courant d'air humide. On peut, à cette fin, utiliser l'énergie solaire pour chauffer l'air.

Dans les zones rurales des pays du tiers-monde, la simultanéité de la disponibilité d'énergie solaire et des besoins en séchage est généralement réalisée ; de ce fait le problème de stockage est atténué.

D'autres procédés peuvent être utilisés : exemple : les séchoirs artificiels ; alimentés en chaleur grâce à la combustion de paille ou d'autres déchets végétaux. Cette technique peut être extrêmement utile pour le séchage rapide des produits récoltés en saison des pluies.

Le séchage rapide et complet des récoltes diminue considérablement les pertes de produits. La mise au point de la vulgarisation de séchoirs solaires et d'autres techniques appropriées

permettrait de traiter les céréales, le poisson, le thé, le café, le cacao... Le caractère polyvalent des capteurs solaires leur permet d'être utilisés à de multiples fins.

5°) Réfrigération et conservation des produits :

Les besoins en réfrigération concernent notamment la conservation des poissons, des fruits et des légumes.

Il est concevable d'utiliser directement les rayons solaires pour produire du froid sans passer par l'énergie mécanique ou électrique, surtout lorsqu'il s'agit de répondre à des besoins quantitativement limités mais nombreux et géographiquement dispersés.

De même la réfrigération (1) pourrait être utilisée pour la conservation des légumes, des fruits et des produits laitiers dans les habitations et les hopitaux, et notamment pour conserver les vaccins.

Plusieurs technologies sont envisagées :

- la compression de vapeur à l'aide de piles photovoltaïques,
- la réfrigération par compression de vapeur, à l'aide d'un moteur solaire,
- la réfrigération par absorption, à l'aide d'un collecteur thermique solaire.

6°) La production d'eau chaude :

Le chauffage de l'eau par l'énergie solaire est très répandu et ne nécessite pas une technologie sophistiquée (2). Au Japon une technique de chauffage de l'eau est très répandue (3). Elle ne

-
- (1) Le procédé le plus simple consiste en un appareil, à cycle intermittent, basé sur la propriété que possède l'eau d'absorber de grands volumes de gaz ammoniac à basse température et de restituer cet ammoniac sous l'action de la chaleur. Ainsi l'eau dissous environ 900 fois son volume de gaz ammoniac à 0°C et restitue la totalité à 100°C.
- (2) Le dispositif consiste en un bac assez plat, en général en matière plastique couvert par une plaque de verre, afin de réaliser l'effet de serre et incliné de façon à capter au mieux les rayons solaires.
- (3) Le modèle contient 180 l d'eau et chauffe l'eau à des températures de 55°C en été et de 27 à 35°C en hiver. Le dispositif consiste en un plateau de bois doublé d'une feuille de polyvinyle noir et recouvert d'une plaque de verre basculante. Il a une surface de 0,9 x 2 m et contient de l'eau sur une épaisseur de 10 cm. (E.M.C. Myers et M.C.J. Mackson : "les applications de l'énergie solaire dans l'agriculture". Rapport transmis par le gouvernement des U.S.A. Commission économique pour l'Europe - New-York 1982).

nécessite pas de moyens importants et peu être largement fabriquée et diffusée dans les zones rurales des P.T.M.

On peut aussi chauffer l'eau grâce à une poche de matière plastique noire qu'on remplit d'eau et qu'on place au soleil. Cette technique a une durée de vie de deux ans.

L'eau ainsi chauffée pourrait être utilisée pour des usages domestiques d'une part, et d'autre part pour le chauffage des locaux où elle permettra de réaliser des économies d'énergie, notamment dans les écoles, les hôpitaux et les installations collectives.

7°) La climatisation des locaux :

L'énergie solaire peut être utilisée pour la climatisation des locaux, notamment dans les régions éloignées ne bénéficiant pas d'électricité.

Le dispositif adopté généralement, revient à implanter des serres sur les façades verticales exposées au Sud avec un mur de béton jouant le rôle d'un accumulateur de calories.

Ce système peut servir à chauffer les pièces en hivers et à les ventiller en été.

D'autres techniques ont été réalisées et pourrait être appliquées dans les P.T.M.

- le vitrage double en façade Sud, avec volets isolants pour la nuit, associé à une construction lourde, assurant une grande inertie thermique.

- la serre ou l'espace tampon, dont l'air chaud est stocké dans un lit de cailloux ou utilisé par une pompe à chaleur.

Ces techniques pourraient être appliquées dans les restaurants et cantines, dans les hôpitaux et dispensaires et dans les écoles.

8°) Stérilisation des sols et élevage intensif :

L'élevage intensif de poulets, porcs, vaches... pourrait bénéficier de l'énergie solaire, lorsque une chaleur à faible enthalpie est nécessaire; Ceci dans les limites compatibles avec la technologie solaire actuelle.

L'énergie nécessaire à la transformation sur place des produits agricoles (industries laitières, distilleries...)

pourrait être apportée par l'énergie solaire. Cette dernière pourrait être utilisée pour d'autres opérations telles que la stérilisation des sols et la production d'engrais.

Pour cette dernière possibilité, les techniques sont en effet intéressantes car elles économisent l'emploi de produits phytosanitaires coûteux et parfois toxiques.

Enfin, l'énergie solaire pourrait contribuer pour une bonne part à l'autonomie énergétique des entreprises agro-alimentaires (production d'eau chaude, de vapeur...).

Des possibilités futures peuvent être envisagées telles que :

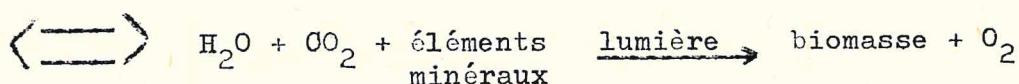
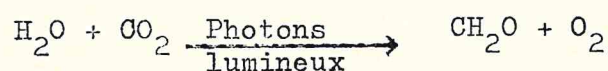
- la réfrigération solaire pour le stockage des aliments,
- les petits tracteurs propulsés par des batteries,
- les serres avec chauffage,
- la combinaison des opérations de réfrigération et de dessalement de l'eau.
- le système à air pour la réalisation du chauffage et de la réfrigération,
- le système de pulvérisation des récoltes, propulsé par l'énergie solaire.

B. L'Energie de la Biomasse :

1°) Présentation des filières technologiques :

La biomasse peut être définie comme la masse de matière végétale qui réalise naturellement la réception - chlorophylle - la transformation - chloroplastes - et le stockage - ensemble de la matière végétale - de l'énergie solaire. C'est la production de matière organique ou photosynthèse, qui va permettre ce processus.

Sous l'action de la lumière solaire, le gaz carbonique de l'air se combine à l'eau recueillie par la plante, au niveau des chloroplastes pour donner de l'oxygène et des hydrates de carbone tels que l'amidon, la cellulose ou les sucres :



Les plantes et les algues, jouant le rôle de capteurs solaires et enmagasinant l'énergie sous forme de liaisons carbone-hydrogène vont avoir deux avantages par rapport aux capteurs physiques-

photovoltaïques et thermodynamiques.

D'une part elles peuvent couvrir naturellement de grandes surfaces et d'autre part réaliser le stockage de cette énergie intermittente.

Mais le rendement global de la photosynthèse est faible ; avec des plantes à métabolisme photosynthétique très performant comme la canne à sucre la limite atteinte à l'échelle de la journée est de l'ordre de 6 % (1). En serre on arrive à 8 ou 10 % (2).

Les capteurs physiques peuvent réaliser des rendements de conversion proches de 20 % (3) et sont de ce fait beaucoup plus performants que les capteurs biologiques :

Dans les pays du tiers-monde, les combustibles tirés de la biomasse et utilisés par le secteur non commercial constituent une part importante de la consommation totale d'énergie : 40 à 75 %.

La biomasse constitue une importante source d'énergie renouvelable dont la production dépend essentiellement du soleil et des conditions physiques (sol, climat, eau...), beaucoup de pays du tiers-monde en sont abondamment pourvus et bénéficient de conditions climatiques favorables à son exploitation.

Elle présente l'avantage d'un large éventail de possibilités : en plus de la combustion, elle peut être transformée par la conversion microbiologique - fermentation par pyrolyse et par gazéification - en combustibles liquides ou gazeux, faciles à stocker.

Deux caractéristiques nous permettent de distinguer les différentes biomasses :

- l'humidité,
- l'état de division des produits.

a) Les produits les plus humides (déchets d'élevage, déchet agricoles) conviennent mieux aux transformations biochimiques.

-) L'Hydrolyse : par l'hydrolyse de matériaux cellulosique on obtient des sucres qui constituent des matières premières importantes servant entre autre à la fabrication, grâce à la fermentation, d'éthanol et d'alcool éthylique.

Cellulose + eau $\xrightarrow{\text{hydrolyse}}$ sucres $\xrightarrow{\text{fermentation}}$ Ethanol.

(1) - Forum Agriculture et soleil : Montpellier, 21-22 juin 1979 - P. 20.

(2) G. Vauge : "Le choix solaire". CNRS/Tchou, 1979 - P. 69.

(3) Forum Agriculture et soleil - op. cité.

-) La distillation : chauffée dans un four étanche, la matière végétale libère divers gaz et liquides d'un grand intérêt industriel (1)

1-) La fermentation alcoolique :

Les fermentations opèrent à des températures voisines de la température ambiante.

La fermentation alcoolique est surtout utilisée pour la préparation de boissons fortes et de l'alcool industriel provenant de l'éthylène. Mais dans une économie "solaire" il trouverait une intéressante application comme carburant. En effet il possède de nombreuses qualités : haut pouvoir calorifique, flamme chaude et non polluante.

2-) La fermentation méthanique :

1°) Fermentation aérobie : c'est un phénomène connu : le fumier à l'air libre s'échauffe naturellement jusqu'à 60 à 80°C et dégage du gaz carbonique et de la chaleur. Cette énergie pourrait être utilisée pour chauffer l'eau.

2°) Fermentation anaérobie : elle offre plus de possibilité sur le plan énergétique.

A l'abri de l'air et à une température de 30 à 60°C il se dégage un gaz à 65 % de méthane - 35 % de CO_2 - ayant un pouvoir calorifique de 5,5 thermies/m³ (2).

b) Les produits secs :

-) la combustion :

L'énergie solaire est emmagasinée sous forme chimique dans les constituants de la matière végétale. Par la combustion, on restitue une partie de cette énergie, à raison de 4.500 thermies/t de matière séchée.

Mais une autre utilisation, plus rentable serait de tirer partie du constituant principal, la cellulose, qui est un produit de départ d'une industrie chimique à développer.

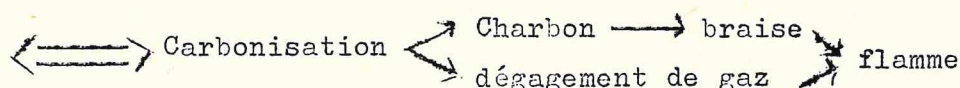
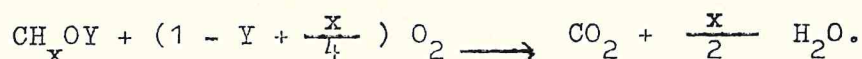
(1) Le bilan global de la distillation s'établit en moyenne autour des proportions suivantes.

- 24 % d'eau - 12 % de goudrons

- 22 % de gaz - 36 % de charbon et autres résidus solides. La fraction restante contient 4 % d'acide acétique et 2 % de méthanol.

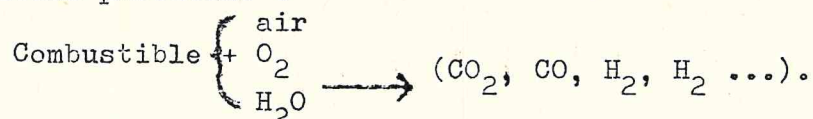
(2) Revue de l'énergie : spécial solaire : n° 313 : article P.A. Jayet - "Bioconversion : énergie et agriculture". 1979.

Du point de vue chimique, la combustion est une oxydation complète :



-) La gazeification :

Elle existe depuis plus de 150 ans, au démarrage de la sidérurgie. Son inconvénient est qu'elle a besoin de hautes températures : 700 à 1200°C. Du point de vue chimique, c'est une oxydation partielle :



-) La pyrolyse : elle recouvre l'ensemble des procédés de décomposition thermique de la matière végétale (1).

Ces réactions ont l'avantage de donner un combustible dont le pouvoir calorifique est bien supérieur à celui du produit de départ. La différence d'énergie est prélevée sur la source de chauffage qui pourrait être un four solaire.

Pour la valorisation énergétique de la biomasse, les populations des zones rurales des pays du tiers-monde pourraient à court et moyen terme couvrir une partie de leur "besoins immédiats" et à long terme constituer un marché national de carburant.

Dans un rapport de la FAO, les forêts des pays du tiers-monde sont en mesure de produire entre 50 et 200 m³ de bois/an et on connaît déjà la technique, parfaitement éprouvée, permettant de convertir ce bois non seulement en charbon de bois destiné à la consommation dans les campagnes mais de capter aussi les gaz ainsi libérés pour les convertir en l'un de nombreux carburants ou produits pétrochimiques - une tonne de bois peut fournir jusqu'à 0,56 t de méthanol (2).

(1) Ses procédés s'inspirent de l'hydrocraquage de l'industrie pétrolière. Sous faible pression, on chauffe à 500°C un mélange de 45% de matière organique et 55 % de vapeur d'eau. Il s'en dégage du gaz carbonique et de l'hydrogène. Vers 700°C on obtient un mélange gazeux, entièrement combustible d'oxyde de carbone et de l'hydrogène.

(2) Nor-Sud actualités : sep. 1981. p. 13.

2°) Les filières technologiques :

a) L'énergie pour la cuisson : la biomasse peut être utilisée comme combustible pour la cuisson. En effet la préparation de combustibles de remplacement à partir des déchets végétaux est une voie prometteuse, compte tenu de l'abondance des déchets végétaux encore inutilisés. On peut utiliser dans ce cadre la compression des déchets en briquettes dont le pouvoir calorifique est le double de celui du bois sec ; la transformation en charbon végétal et la conversion en éthanol ou en méthanol. La technologie correspondante permet d'excellents rendements. Les fours et les brûleurs sont devenus très efficaces et on sait préparer le combustible sous une forme commode. De plus la consommation des déchets végétaux peut freiner le ramassage anarchique du charbon de bois qui a contribué de façon préoccupante à l'avance du désert dans les régions subtropicales.

b) Le pompage de l'eau :

La mise en place d'installations de biogaz communautaires peut produire assez d'énergie pour le pompage de l'eau à des fins d'irrigation et de consommation domestique.

c) la réfrigération :

Les besoins en réfrigérations sont importants notamment pour la conservation des produits agricoles, des médicaments et surtout des vaccins.

Parmi les technologies envisagées dans ce domaine, les réfrigérateurs à absorption modifié pouvant utiliser indifféremment du pétrole ou du gaz.

d) la production d'eau chaude :

On procède par fermentation aérobie sur des broussailles. Cette méthode peut être très intéressante dans les PTM. Les broussailles sont passées au broyeur et les copeaux obtenus mis en tas et hydratés au maximum. Le tas entre en fermentation et la température intérieure atteint rapidement 70°C. Cette énergie est récupérée par l'eau qui circule dans des serpentins de polyéthylène noir, répartis dans le tas de compost, L'eau chaude ainsi produite

peut être utilisée pour chauffer des serres, des habitations ou pour des soins médicaux et sanitaires (1).

e) Utilisation de la bouse de vaches :

La production d'énergie à partir de la bouse de vaches par l'intermédiaire d'un digesteur à un triple intérêt :

- fournir du gaz pour l'éclairage et le chauffage,
- donner de l'engrais riche et fertilisant,
- assainir et contribuer à améliorer la santé générale par l'élimination des déjections et donc des contaminations.

f) Utilisation du gaz méthane.

Le méthane obtenu après fermentation peut être utilisé dans un brûleur, dans un moteur à gaz ou dans un moteur diesel par une alimentation mixte (fuel, gaz).

L'effluent obtenu après fermentation peut être utilisé comme engrais pouvant stabiliser la structure des sols. De plus la méthanisation utilise une technologie assez simple, n'exigeant que peu de matériaux et d'appareillage industriels. Les biomasses humides peuvent être mises à fermentation sans séchage ni prétraitement.

L'alcool produit par fermentation peut, lui aussi, être utilisé comme carburant et comme combustible.

Toutes ces utilisations vont améliorer la situation sanitaire, écologique et sociale des villages et réduire, dans une certaine mesure, l'exode. En effet certaines études portant sur des exploitations forestières classiques en Inde, montrent qu'elles créent au total $146h/j^{(2)}$ de travail par hectare/an. Or, une exploitation intensive d'arbres à croissance rapide servant à la production d'énergie créerait 3 à 4 fois plus d'emplois. Une plantation de dix hectares dans chaque village créera donc jusqu'à 5.000 hommes/j de travail/an soit 100 jours de travail en morte saison/an pour 50 habitants de chaque village (3).

(1) Forum agriculture et soleil - Montpellier 21-22 juin 1979.
Page 48 par M. GRATAND. CNEEMA.

(2) Homme/jour de travail.

(3) Nord-Sud actualités. op. cité. p. 13.

II - DOMINATION DU MARCHÉ ET ALTERNATIVES DANS LE TIERS_MONDE :

Les pays du tiers monde semblent conscients de l'apport que peuvent constituer les E.N.R. dans l'approvisionnement énergétique en tant que motif de préoccupation nationale.

Ces pays manifestent leur intérêt pour les SENR dans la mesure où elles peuvent répondre à trois aspirations fondamentales :

1) ne plus dépendre du pétrole importé, c'est à dire exploiter à l'échelle locale les SENR afin de réduire les importations de pétrole et d'économiser de ce fait des devises.

2) acquérir des compétences techniques propres afin de produire localement les équipements nécessaires.

3) assurer le développement notamment des zones rurales en exploitant de façon économiquement rentable les SENR et rendre les industries rurales plus autonomes du point de vue énergétique.

Mais si l'impact de ces énergies sur le développement apparaît positif et réaliste, il semble cependant que les conditions à remplir pour réussir l'introduction de ces nouvelles techniques et en acquérir la maîtrise technologique restent limitées et sous-estimées.

En effet la majorité des pays du tiers monde en sont au stade de réflexion, d'expérimentation à une échelle limitée et de recherche alors que certains pays développés comme les USA, la RFA, le Japon et la France sont actifs dans la quasi-totalité des filières.

L'indépendance énergétique et technologique est aujourd'hui une condition du développement des pays du tiers monde. S'ils ne veulent pas revivre le même épisode de dépendance à l'égard du pétrole(1) et de la technologie" importée ils doivent envisager dès à présent une politique énergétique qui maintiendrait ouvert un grand nombre d'options alternatives et un système énergétique où diverses sources coexisteraient en fonction des diverses contraintes. Concernant les SENR, l'écart technologique, entre les pays du tiers-monde et les pays développés, n'est pas encore

(1) Hors OPEP.

'désespérant', d'une part et d'autre part les biens d'équipement solaires présentent l'avantage de pouvoir être produits, pour une bonne partie, localement. Mais pour que cette possibilité se concrétise il convient avant toute chose de planifier le développement des ressources humaines afin de mener à bien cet objectif.

II.1 : STRATEGIES DE CONTROLE DES MOYENS DE PRODUCTION :

L'exploitation des ENR - notamment le solaire - permettra de couvrir tout ou partie des besoins décentralisés. Pour certaines de ces énergies, les coûts d'investissement et de production tendent à décroître et le recours à ces énergies semble de ce fait urgent - exemple du photovoltaïque. Deux acteurs vont intervenir à ce niveau : d'une part les états, pour assurer l'indépendance énergétique du pays et l'équilibre de la balance commerciale pour les technologies de pointe, et d'autre part les entreprises privées pour assurer la maîtrise d'une nouvelle technologie- par les entreprises leaders- diversifier les risques et assurer des profits à long terme.

A) Stratégies des états :

L'Etat, dans la réalisation de ces objectifs, va faire intervenir deux types d'incitations :

- l'incitation par des "actions technologiques"(différentes aides accordés aux grands organismes de recherche et de réalisation des prototypes).

- l'incitations par des "actions économiques" (l'action par la fiscalité et le crédit par la création d'un marché minimum et l'aide directe aux utilisateurs).

Au cours des 3 ou 4 dernières années, les pays industrialisés ont presque tous -producteurs ou non d'énergie fossile - élaboré une sérieuse planification de leurs ressources d'origine solaire.

La France et les U.S.A. ont créé dès 1975 des structures adéquates, à savoir la délégation aux énergies nouvelles puis le commissariat à l'énergie solaire (COMES). - La restructuration de ce dernier a donné naissance à l'Agence Française de Maîtrise de l'Energie (A.F.M.E.) - pour le premier et l'ERDA suivit du Département de l'Energie pour le second. Les autres pays industrialisés, affichent depuis, de grandes ambitions pour le solaire

1°) L'incitation par les "actions technologiques" :

Les pays industrialisés préparent dès à présent les techniques qui leur permettront d'assurer après l'an 2000 le relais des énergies conventionnelles. Ces énergies, même si elles ne prétendent qu'à une place relativement modeste dans les 20 années à venir, justifient un effort particulier de R.D. En effet les études sur la recherche et la mise en valeur de l'énergie solaire, reçoivent un soutien et une attention croissante. Il ne saurait être question, dans ce présent rapport, de rentrer dans le détail des innombrables programmes nationaux qui se sont bâtis depuis 1975, nous exposerons seulement les plus importants.

a) Le programme des U.S.A. :

Aux U.S.A. pas moins de 20 centres de recherche gouvernementaux, 30 universités et plus de la moitié de 12 grandes compagnies pétrolières se sont lancés dans le solaire.

En 1978 le budget en matière d'énergie solaire était près de 12 fois plus important qu'en France. En 1979 il a été de 547 millions \$ (budget normal pour la Recherche-Developpement-Diffusion (R.D.D.) et 45 millions \$ (budget spéciaux). Mais avec l'avenement de l'administration Reagan, le budget 1981 se voit réduit de 25% (année fiscale en cours 1981) et le budget 1982 affligé de 70% d'abattement. (voir tableau II-1)

Plusieurs projets de grande envergure ont été réalisés. En 1977 l'agence ERDA a mis au point un très important centre d'essais solaires au centre spatial d'essais Marshall de la NASA à Huntsville. Celui-ci fonctionnera parallèlement à une station solaire expérimentale de 400 KWt mise en service à l'institut de technologie de Georgie à Atlanta.

En 1979, le programme des USA comportait la construction d'une station d'essais thermique solaire de 5 MWt à ALBUQUERQUE au nouveau Mexique, exploitée par les "Sandia Laboratories (1) l'installation comprend un champ de 300

(1) Voir rapport "situation et perspectives de l'énergie solaire" par S.Khennas CREA. Avril 1980.

Tableau II-1 : Budget solaire américain pour l'année 1981.

en Millions \$

Libellés	Chiffres du congrès	Budget réel
Budget solaire	549,2	260
- utilisation active	42,5	38,4
- utilisation passive	32,9	30,2
- Biomasse	45,8	27,2
-E.Eolienne	83,7	54,2
- autres	-	-

Source. : Energie solaire actualités n°97 1981.

Le congrès américain a entériné le budget de recherche solaire pour l'année 1981 à 549,2 millions \$ alors qu'il n'a été attribué en réalité que 260 millions \$ au solaire en 1981/ 1982.

heliostats et une tour de 60 mètres.

Pour 1985 le D.O.E projette la réalisation de centrales destinées à la production effective d'électricité dont la puissance nominale sera de l'ordre de 100 à 300 MWe . Contrairement aux autres technologies, le photovoltaïque se voit accordé un intérêt grandissant. En effet, les programmes américains de R.D dans le domaine des photopiles sont très importants.

Pour le long terme, les projets sont très ambitieux : centrales photovoltaïque utilisant les superficies disponibles des déserts ou des toitures de bâtiments industriels et privés.

Le programme de l'IRDA a pour objectif de mettre au point des équipements peu coûteux et de stimuler la création d'un potentiel industriel pour assurer la production et la distribution de ces équipements dans le cadre d'une large utilisation par les particuliers, les commerçants et l'état.

b) Le programme français :

La France est le deuxième pays pour la R-D après les USA le COMES mène une politique multiforme: subventions en faveur de la R.D., garantit d'écoulement d'une partie de la production, financement d'opérations de démonstration... Un plan de développement quinquennal 1980-85 a été pris en charge par le COMES et le ministère de l'énergie afin de promouvoir les applications photovoltaïques dans les administrations et dans les programmes d'aide à l'équipement pour les pays du tiers-monde. A côté des efforts déployés par le COMES, le secteur public et semi public participe activement à la R-D. Ainsi,

- le CNRS (Centre National de Recherche Scientifique) a le plus d'actions de recherche dans le domaine des ENR,

- le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) poursuit des recherches à caractère plus appliqué et une activité de contrôle technologique des matériaux solaires

- le CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) a été à la tête des recherches sur l'énergie solaire en 1978-79.

Il étudie les échanges thermiques avec les matériaux de changement de phase, les nouveaux matériaux pour photopiles et la conversion thermodynamique.

- L'INRA (Institut National de Recherche Agronomique) expérimente toutes les techniques applicables à l'agriculture et, en plus de la recherche sur la biomasse, sont étudiés les problèmes de serres ainsi que les possibilités de séchage solaire.

- L'IEJE (Institut Economique et Juridique de l'Energie) developpe des études sur les choix énergétiques et quelques chercheurs travaillent sur les perspectives économiques du developpement de l'énergie solaire dans les différents secteurs.

- E.D.F. : Le gouvernement a décidé en 1975 la construction de la centrale solaire THEMIS financée a 60% par E.D.F., 24% par l'ex-commissariat à l'énergie solaire (COMES) et 7% par la région Langredoc-Roussillon et le département des pyrénées-Orientales. Ce projet a coûté 230 MF et nécessite près de 4 années de travaux. THEMIS se déploie sur 5 hectares à 1700 mètres d'altitude et dispose en principe d'une puissance de 2,5 Megawatts (1).

c) Le programme Japonais

Les premiers travaux datent de Juillet 1974, à l'instigation du MITI, un projet concernant l'utilisation potentielle de l'énergie solaire et les perspectives offertes par d'autres sources d'énergies non polluantes a été proposé. La mise au point du programme, dont les modalités d'application doivent s'étendre jusqu'en l'an 2000, correspond à la nécessité pour les responsables japonais de diminuer la dépendance énergétique du Japon avec un caractère primordial de la lutte contre la pollution dans les grandes agglomérations japonaises.

Le projet Sunshine comprend la construction de deux centrales expérimentales de 1 MWe chacune - l'une équipée de réflecteurs cylindroparaboliques et l'autre selon le principe des centrales à tour. Ce projet qui doit pousser les recherches et les réalisations solaires jusqu'en l'an 2000 a pris du retard. Parmi les voies de recherche, il y a les unités électrosolaires, opérant la conversion thermodynamique avec des puissances de 1 à 10 MWe et des photopiles.

d) Le programme de la R.F.A. :

Dans le cadre de la réduction du pourcentage des hydrocarbures dans sa consommation totale d'énergie, la R.F.A. a encouragé de nombreuses expériences en matière de chauffage de locaux et de l'eau sanitaire à Wangen. Dans l'Allemagne, une maison solaire a été construite avec un investissement de 450.000 D.M.

Une autre installation expérimentale construite à Wighl a également bénéficiée dès 1978, d'une subvention accordée par le ministère fédéral de la recherche et de la technologie.

(1) Le matin : 28 Décembre 1982. p.19.

Tableau II-2 : Budgets de R.D. Solaire en 1980 en millions (M)F (investissements des états).

P a y s	Dépenses totales en 1980	Dépenses/habitant (F)	Part des ENR en 2000
USA	3000	13,60 F	7 à 20 %
France	400	7,50	3 à 5 %
Canada	130	5,40	-
R.F.A.	250	4,10	-
Italie	100	1,75	-

Source : "Energie solaire" par P.Barbet. Dans le nouvel observateur : faits et chiffres 1980. Numéro hors série.

En 1979 le budget gouvernemental a été de 76 millions DM et les estimations de subventions solaires aux investissements, de 100 à 150 millions D.M.

e) Le programme canadien.

En 1977, le gouvernement fédéral s'est associé à une entreprise privée pour créer au Canada des villes expérimentales utilisant l'énergie solaire. Cette construction serait en partie payée par une taxe spéciale sur le pétrole et le gaz naturel.

En 1979 La moyenne du plan à 7 ans est de 56 millions \$ d'investissement (il s'agit là plus de propositions gouvernementales que de réalités financières).

2°) L'incitation par les "actions économiques" :

Les états vont intervenir dans la promotion de l'énergie solaire, par une série d'actions notamment la fiscalité et le crédit, la garantie d'un marché minimum et l'aide directe aux utilisateurs. Il est à remarquer que dans les pays industrialisés, les pouvoirs publics favorisent la concentration du capital, octroyant des marchés aux entreprises les plus dynamiques. Ainsi une partie des fonds publics destinés au solaire est orientée directement ou indirectement vers les grandes firmes, afin qu'elles développent cette industrie.

a) Aux USA : le programme énergétique présenté par le président Carter prévoyait des allègements fiscaux d'un maximum de 2000 \$ pour les particuliers utilisant cette énergie dans leur maison et de diminuer l'impôt de 10% sur les investissements consacrés par l'industrie à l'utilisation de cette énergie. Des crédits publics importants ont été attribués pour développer le solaire. Au niveau fédéral toute personne désirant équiper son habitation d'installations solaires, bénéficie de crédits d'impôts de 30% sur les premiers 2000 \$ dépensés et de 20% sur les 8000 \$ suivants. Le crédit d'impôt, peut d'autre part être reporté d'une année sur l'autre si le crédit dépasse le montant des impôts annuels.

En californie, le particulier peut obtenir un crédit d'impôt supérieur et des prêts complémentaires plus importants : un chauffe-eau solaire de 9000F permet l'octroi d'un crédit de 4800 F et d'un prêt sans intérêt de 3900 F.

A San Diego le conseil municipal a rendu obligatoire le chauffe-eau pour toutes les maisons baties à partir d'octobre 1979.

Des marchés importants ont été octroyés aux firmes : ainsi, pour la réalisation d'une usine pilote destinée à la fabrication du silicium pur, l'union CARBIDE a bénéficiée en 1979 d'un contrat de 6 millions \$ (M\$). TEXAS INSTRUMENT a bénéficié d'une subvention de 14,5 M\$ pour la mise au point d'un nouveau système photovoltaïque, ce prêt ne sera remboursé que si cette opération est rentable. Les travaux de recherche sur les E.N.R. doivent être liés à des politiques industrielles et commerciales très actives en matière d'exportation de techniques. Aussi l'ERDA a garanti l'écoulement d'une partie de la production des photopiles à des prix décroissants, par la création d'un marché de silicium monocristallin. Le département de la défense contribue également à garantir des débouchés à l'industrie privée :

b) En France : On remarque une forte progression des crédits accordés à l'habitat, au photovoltaïque et à la chaleur industrielle et agricole.

Un programme de formation d'installateur de chauffe-eau solaire et le choix de normes applicables au matériel solaire ont été décidé avec l'octroi d'une aide aux maitres d'ouvrages pour les études préalables comportant une variante solaire.

A partir de 1980, 40.000 chauffe-eau devaient être installés grâce aux contrats de prêt par l'état aux "maitres d'ouvrages" sociaux utilisant des équipements solaires dans leurs constructions.

Des subventions cas par cas sont destinées à des équipements solaires pour des installations collectives, en favorisant la construction de systèmes facilement industrialisables.

A partir de 1980, tous les projets de piscines à ciel ouvert devaient comporter obligatoirement une variante solaire.

c) Au Canada : des subventions et garanties de prêts de 150 M\$ canadiens ont été octroyés pour transformer les installations existantes ou installer des équipements nouveaux pour brûler et convertir les déchets de la biomasse.

Des subventions de 50% ont été avancées aux installations produisant de l'électricité à partir de Biomasse.

Un programme de soutien aux fabricants d'équipement solaires de 200 à 300 M\$ cnj d'investissements sur plusieurs années à été établi. Pour la période 1979-1984 il a été décidé, un programme d'achat, par le gouvernement d'équipements fonctionnant à l'énergie solaire, pour de nouveaux immeubles fédéraux, d'un montant de 125 M\$ cnd.

d) Au Japon : Plusieurs dispositions fiscales favorables et prêts à faible taux ont été prévus pour le développement, par l'industrie, de systèmes solaires.

Des subventions de 25% pour l'équipement et la construction d'installations de production d'énergie à partir de déchets urbains ont été octroyées. Plusieurs autres gouvernements de pays développés, lancent d'importants programmes d'incitations à la production et à la consommation d'équipement solaires (l'Espagne , l'Irlande, l'Italie...).

B - Stratégies des firmes :

La volonté de domination des grands groupes monopolistes s'étend jusqu'aux E.N.R. En effet, très actifs dans le domaine des énergies fossiles comme de l'énergie nucléaire, ils sont aussi très présents dans celui des E.N.R.

La stratégie de pénétration des différents groupes de firmes est variable. Les grandes firmes de l'énergie procèdent par le rachat de petites firmes très spécialisées en électronique. Alors que les grandes firmes de l'électronique et de l'électro mécanique passent sans difficultés à la production et à la circulation d'ensembles marchandises, grâce à leur accumulation technologique. Elles accroissent ainsi leur emprise sur l'ensemble du processus et restreignent par là même les possibilités pour les P.T.M de fabriquer une partie des biens d'équipement solaires.

Ce sont les petites entreprises, qui les premières ont fabriqué du matériel solaire. Plus tard, elles se sont soit développées en restant indépendantes, soit rachetées par les grands groupes financiers industriels ou les pétroliers. Ces groupes peuvent être de divers secteurs et avoir plusieurs ramifications (voir tableau II.3)

La stratégie des compagnies pétrolières domine en grande partie le marché de l'énergie depuis le début du siècle et vise à travers sa monopolisation la maximisation du profit.

Tableau II.3 : Stratégies de contrôle de la production de B.E.S. par quelques firmes pour l'année 81.

Sociétés mères	Société achetée	Société créée* ou association**	Participations ou coût d'achat	Produits fabriqués	But des actions
American solar King Cap. (U.S.A.).	Daystar Corp. filiale d'Exxon(1).	--	2,2 millions \$	Capteurs solaires	utilisation locale et exportation.
Jeager (France)	--	* Jeager Régulation	100 %	Secteur de la régulation thermique	25 % du marché français en 1985 avec 1 C.A. 1 milliard F.(2)
Caterpillar (U.S.A.)	Département turbines solaires de I.H.C. (3)	--	505 millions \$	Turbines solaires	--
Solar power corporation (USA)	--	** Exxon SARL	--	Modules et systèmes photovoltaïques	utilisation locale et exportation.
Pilkington Brothers (verrières) Europe	--	** Solec	Prise de 80 % du capital Solec	Cellules photovoltaïques	vente sur les marchés locale et extérieur
S.A.(USA)	--	* intersemic S.A. capital : 28 millions F.	51% S.A. 35% groupe italien ente nazionale Idrocarbure. autres : Leray Saner et Parsan S.A.	tranches de silicium (wafers) photovoltaïques	vente sur le marché mondial
Bio-Energy systems inc (USA)	Colmac manufacturing Corporation	--	--	Produits commercialisés sous l'appellation Summat et brevets concernant les capteurs solaires sola Roll	marché mondial

Salcao	Kay solar systems inc.	--		Système de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire	marché mondial
Solefil et sodian (organisme officiel espagnol).	--	* A.S.S.A. Capital initial 1 million F. (4)	attribution de 25 % du capital de A.S.S.A. a solefil	Production sous licence de capteurs Solefil	marché mondial
B.P. Lucas et Lucas industries Ltd.	--	** Lucas BP solar systems Ltd.	50 % pour chaque sociétés	Conversion de l'énergie solaire en électricité à partir de cellules solaires	développer et commercialiser, tout système d'utilisation de l'énergie solaire
ELF énergies et CGE (France)	--	Société française de photopiles	39% Elf Energies 57% saft-cipel (CGE) 14% Radio-technique compelec	Fabrication de cellules photovoltaïques à photowatt.	Commercialisation et promotion de systèmes grâce au réseau interne de la société.
Motorola et Shell	--	** Nouvelle entreprise	50% pour chaque société	utilisation de cellules solaires fabriqués par Motorola	construction d'un pilote dans la région de Phonenix (Arizona).
Elf énergies (France)	--	* Elf solaire développement énergétique	100% de Elf énergies	Application thermique et photovoltaïque de l'énergie solaire	développer indust. et commerc. les résultats obtenus par Elf Aquitaine dans le domaine des ENR.
Total et Spie (France)	--	* Energysystem	50% chacune	Equip. de prod. d'énergie de puissance limitée à 5.000 Kw.	production conception réalisation et exploit à l'étranger.

Sources : - Technique de l'énergie n° 56 - mai 1982.

- industrie et travaux d'Outre-mer n° 338 - janvier 1982.

- Energie solaire actualités : numéros de l'année 1981.

(1) Daystar Cap. a été revendu par Exxon.

(2) Plan de développement retenu par les pouvoirs publics, dans le cadre des orientations stratégiques définies par la CODIS.

(3) I.H.C. Comortium american international Harvester.

(4) A.S.S.A. : disposait d'un capital initial d'un million F. et d'une structure de fabrication couvrant 5.000 m² en Andalousie.

Le souci de monopoliser le secteur énergétique les conduit à privilégier une énergie; celle que l'évolution technologique actuelle a le plus de chance de rendre dominante tout en investissant dans les autres sources réputées non compétitives mais qui pourraient le devenir rapidement. Ces firmes s'efforcent de valoriser certaines sources, comme le solaire, tout en contrôlant la compétitivité des autres sources, en exploitant celles où les perspectives de profit sont nettement plus forte.(1)

C'est donc une stratégie d'investissement non exclusivement axée sur le pétrole mais tournée en grande partie vers les secteurs concurrents.

Le contrôle des S.E.N.R. s'accompagne d'une stratégie attentiste au niveau de l'exploitation. Il s'agit de s'assurer le contrôle de l'ensemble des sources susceptibles d'être rentables à court terme et de développer celles pour lesquelles l'état pratiquera une politique d'aide.

L'objectif de ces firmes est la monopolisation du marché énergétique pour l'appropriation des rentes aux différents niveaux du processus de production et de circulation. L'achat et / ou l'association avec des firmes très qualifiées dans différents domaines a entraîné, d'une part une complexification de la technologie et d'autre part son appropriation par un nombre limité de grandes firmes.

La politique d'ELFAQUITAINE, à l'égard des SENR en est un bon exemple; elle cherche à valoriser l'acquis technologique et à étendre les débouchés de certains de ces produits. Pour servir cette politique, la société, s'est donnée des structures, la DIENIC (1979) et (Elf énergies(1980) et des objectifs dans les différentes filières qu'elle jugeait intéressantes pour elle.

Le groupe porte un grand intérêt au photovoltaïque, son effort dans le domaine R.D, effort qu'il partage avec CGE pour moitié augmentera de 85% en 1983. La part apportée à Photowalt par le biais de la société française des photopiles demeure de 17,5%. Par contre, la partie située en Aval, applications/systèmes, bénéficiera d'une progression de 50%.

L'objectif affirmé est d'accroître l'effort commercial en couvrant la gamme des produits et en attaquant de nouveaux marchés, notamment l'Asie du Sud-Est. Le groupe lancera en 1984 un chauffe-eau, le Microself, dont le coût installé devrait être de moitié inférieur à celui d'un chauffe-eau classique.

(1) Ces firmes ont adopté la même stratégie dans le passé en imposant la non compétitivité relative du charbon en fixant le prix du pétrole à un niveau plus faible.

II. 2 : LE MARCHÉ MONDIAL DES BIENS D'EQUIPEMENT SOLAIRES (B.E.S.)

A : Industrie et marché des biens d'équipement solaires dans les pays capitalistes .

Le marché des B.E.S. s'élargit de plus en plus à l'ensemble des secteurs économiques et sociaux, même si pour certaines applications il ne s'agit que d'installations pilotes . En effet certains pays comme les U.S.A, la R.F.A, la France et le Japon sont actifs dans la quasi totalité des filières alors que d'autres se sont visiblement engagés dans des stratégies de spécialisation sur quelques filières .

On peut avancer cinq types de manifestations à l'égard des E N R (voir tableau II.4) ;

- 1°) une volonté de développer l'usage des ENR .
- 2°) le développement de grands marchés intérieurs .
- 3°) de grands efforts pour la R.D. en ENR .
- 4°) de grands efforts pour la coopération avec les P T M dans ce domaine.
- 5°) l'exportation des matériels des E N P (marchés privés) .

Nous nous limiterons aux pays les plus avancés dans le domaine des E.N.R .

a) Industrie des B E S en France :

Il a été fabriqué en France 61 000 m² de capteurs en 1980, au premier semestre de la même année le chiffre d'affaires (non compris l'exportation) était de 13 millions F. . Après la baisse des ventes de capteurs solaires observée dans le courant de l'année 1981, le total des surfaces vendues a atteint en 1982 le même niveau que le total de 1980 (voir tableau II.5) .

Concernant les chauffe-eau solaires, le nombre installé en 1980 a été de 17000 unités, dont 10.000 chauffe-eau solaires installés chez des particuliers et 7000 pour les logements collectifs .

Un sondage, réalisé par la chambre régionale de l'énergie en 1983, auprès des utilisateurs de systèmes solaires en Alsace est révélateur de l'intérêt qu'accorde le public à l'énergie solaire .

Tableau II.4 : Les marchés des E.N.R. des pays développés :

Pays	Pays ayant exercé clairement la volonté de développer l'usage des E.N.R.	Pays ayant développé de grands marchés intérieurs	effort financier pour la R.D. E.N.R.	effort financier pour la coopération E.N.R. avec les P.T.M.	Pays actifs à l'exportation des Matériels E.N.R. (Marchés privés)
Canada	X (1)		X (5)		Solaire thermique Biomasse
Autriche		X (9)			Solaire thermique
Danemark	X (2)	X (7)			
Australie		X (8)			
France	X (3)	X (3)	X (2)	X (3)	Solaire Photovoltaïque aérogénérateur
U.S.A.		X (1)	X (1)	X (1)	Solaire, photovoltaïque, Biomasses aérogénérateurs
Grèce	X (1)	X (6)			
Suède	X (8)		X (6)		
Italie	X (5)	X (5)			
R.F.A.	X (7)	X (2)	X (3)	X (2)	Solaire thermique et photovoltaïque, Biomasse aérogénérateur
JAPON	X (6)	X (4)	X (4)		Solaire thermique .

- classements fait sur la base des documents nationaux .

On ne cite chaque fois que les pays les plus significatifs par rapport au critère utilisé .

- (i) : rang de chaque pays par ordre d'importance .

Source : Revue de l'énergie n° 340 décembre 1982 page 980 .

Tableau II.5 : Evolution de la vente des capteurs solaires en France de 1978 à 1982.

	1978	1979	1980	1981	1982
Vente en France et exportation m2	28 297	33 878	63 406	58 117	63 789
Chiffre d'affaires hors taxes (en milliers FF.)					
- Métropole	14 052	18 601	34 942	--	--
- exportation	2 213	1 178	4 412	--	--
- total	16 265	19 779	39 354	45 829	54 232
- indice	100	121,6	242	--	--

Sources : - énergie solaire actualités :

n° 127 mars 83.

n° 98 nov. 81.

n° 88 mars 81.

n° 130 Avril 83.

Un questionnaire a été adressé à 226 utilisateurs et 105 réponses ont été obtenues . Plusieurs remarques négatives à l'égard des installateurs ont été émises - délai, service après vente, commercial, prêts à vendre des systèmes inadaptés - ainsi que la collecte de plusieurs indices pouvant servir à l'amélioration de ces différentes technologies (voir tableau II.6 :)

b) L'industrie des R E S aux U.S.A :

D'après un récent article paru aux U.S.A, intitulé, "coup d'oeil sur le commerce et l'industrie":

L'industrie solaire américaine est loin d'avoir atteint le taux de croissance prévisionnel . Alors qu'il y a 10 ans son chiffre d'affaires n'était que de 130 M \$, il atteignait 5 ans plus tard le chiffre d'affaire du demi-milliard \$ et pour 1980 il était prévu de dépasser la " barrière magique " du milliard (MM). Mais malgré beaucoup d'idées et un potentiel industriel impressionnant, presque toutes les sociétés du solaire ont vu leur chiffre d'affaires chuter .

Concernant la production du photovoltaïque, en 1980 les investissements privés étaient supérieurs aux investissements publics et il existait des investisseurs étrangers à la branche (les pétroliers). Un certain nombre d'entreprises fabriquaient et vendaient avec bénéfices des modules de cellules solaires (de 10 à 20 W) pour un coût compris entre 10 et 15 \$/W de puissance pointe . En fin 1980 la capacité installée aux U.S.A atteignait 5 MW, le coût effectif de production, chiffré par le D.O.E. s'établissait aux alentours de 6 \$ /W de puissance de pointe . En 1982 la production photovoltaïque atteint 6,85 MW dont 1,82 MW pour l'exportation .

La production de capteurs solaires atteint en 1980, une surface totale avoisinant $1,8 \text{ M m}^2$, soit par rapport à 1979 une augmentation de la production de 36,5 % . En ce qui concerne la production de 1980, 61 % des capteurs fabriqués ont servi à équiper des piscines, 25 % des installations de chauffage d'ambiance et 0,8 % des installations de rafraîchissement .

Mais en 1982, la production accuse une chute très nette . D'après un rapport de l'Energy Information Administration, la production américaine de capteurs solaires a connu en 1982, une baisse de 7,53 % .

Les capteurs basse température, sont les premiers touchés avec moins 13,8 % comparé à 1981 et 38,9 % à 1980 .

La baisse de production des capteurs moyenne température a été de 2,76 % entre 1982 et 81 et de plus de 55 % entre 1982 et 1980 .

Tableau II.6 : Sondage solaire en Alsace :

		Chauffe-eau	Chauffage	Piscines
Nombre		78	13	4
Coût moyen		16.865(61)	44.611(9)	15.600(3)
Année de	77	1	1	0
mise en route	78	2	1	0
	79	3	2	0
	80	19	4	0
	81	30	3	1
	82	23	2	3
Indice de satisfaction				
- très satisfait		26-33,3%	4-30,8%	1-25%
- satisfait		42-53,9%	7-53,8%	3-75%
- moyennement satis-				
fait		9-11,5%	2-15,4%	0
- Insatisfait		1- 1,3%	0	0
Economies.- litres de				
fuel		955 (43)	2.071 (7)	
- Kwh		1.404 (6)	8.000 (2)	
% des dépenses de				
chauffage et eau		11,09%(28)	36,86% (11)	100 %
chaude sanitaire				
Nbre de semaines d'auto-				
nomie		16,66 (69)	22,75 (10)	20 (3)
Problèmes rencontrés.				
- installation		9	1	1
- Conception		13	0	2
- Capteur		5	2	2
- Cuve		8	2	0
- régulation		17	2	1
Remarques faites par les				
utilisateurs.				
- produit cher		4	1	1
- manque d'incitation				
du gouvernement.		6	1	0

Source : G.S.A. n° 131 - 5 mai 1983. p. 10.

La tendance en fin 1982 était celle d'un accroissement du parc de chauffe-eau solaires domestiques avec un tassement de la progression de l'équipement du parc de collecteurs utilisés pour le chauffage des piscines, qui constituent encore un marché de luxe, aux USA .

c) L'industrie des BES au Japon :

En 1978, les ventes de chauffe-eau solaires s'élevaient à 120 000 unités, en 1979 à 377 000 et en 1980 à 750.000 unités . Stimulés par cette importante croissance des ventes, le nombre de fabricants de chauffe-eau solaires a augmenté au rythme de un par semaine . En juillet 1981, le nombre^a/dépassé la centaine .

15 fabricants détiennent 90 % du marché et produisent environ 3.000 unités par mois . La capacité globale au Japon, s'élevait en Juillet 81 à 2 M d'unités / an . (1)

Concernant les installations solaires, une étude de la Solar System Development assoc. de Tokyo rapporte que le nombre d'installation solaires réalisées au Japon en 1980, s'élève à 25 530 unités, ce qui par rapport à 1979 constitue une multiplication par dix .

Dans le même temps, la vente des capteurs solaires a été multipliée par 3,9 pour atteindre 237 400 m² .

La firme Kysto Ceramic Co s'est lancée sur le marché des préparateurs d'eau chaude sanitaire . Le fabricant pense commercialiser 5000 unités /mois .

Plusieurs sociétés japonaises viennent de lancer sur le marché des préparateurs d'eau chaude solaires, qui tous, fonctionnent en thermosiphon . Pour chacun d'eux, le type de capteur utilisé est associé à un réservoir de stockage .

- le nouveau préparateur d'eau chaude de la Sanyo Electric Co ; Osaka est commercialisé sous l'appellation " Sun Sola " . La production mensuelle est estimée à 5 000 unités .

- La yazaki corp. de Tokyo annonce son modèle S.W.T 430 H. Sa surface effective de capteurs est de 3,82 m² et la contenance du réservoir de 275 l. Le capteur est équipé d'1 réflecteur de 1,10 m² .

- Daikin Kogyo Co ; d'Osaka fabrique un préparateur baptisé " Home Sola " . Le capteur possède un réflecteur de 0,90 m² et sa surface effective est de 2,02 m² .

Contenance du réservoir : 200 litres .

- Mitsubishi electric Corp; Tokyo, son installation MSS-2308 A comporte une surface effective de capteurs de 3 m^2 . Le réflecteur prévu développe $0,90 \text{ m}^2$ et l'accumulateur contient 230 l .

- La Tolo Kiki Co, de Kitakyashu, commercialise un capteur appelé " Solar Vuoro " .

d) L'industrie des P E S en R.F.A :

En 1979, la surface de capteurs vendus, dépassait 76.000 m^2 . En 1980, 1000.000 m^2 de capteurs ont été commercialisés dont une grande partie couplés à des pompes à chaleur (50.000 vendus en 1980) .

Une étude sur la surface de capteurs vendue en R.F.A. par 30 entreprises montre que de 1979 à 1980, si certains fabricants ont réussi à tripler leurs ventes, d'autres ont vu les leurs s'effondrer .

e) L'industrie des E.N.R aux Pays Bas :

De nombreux projets d'exploitation de l'énergie solaire, entrepris ces dernières années, ont conduit à la mise sur le marché, par 5 fabricants néerlandais, d'une large gamme d'installations (1) .

Les efforts déployés dans ce domaine ont abouti d'abord à la réalisation de petites installations destinées, par exemple, au chauffage de l'eau pour les usages domestiques . Aussi, de grandes installations se prêtent à des applications industrielles ou agricoles.

E R S B.V. (Energie Besparende Systemen) est l'un des premiers fabricants néerlandais à avoir mis au point une installation d'énergie solaire très compacte . Elle a su réduire les dimensions en logeant dans le réservoir de stockage l'échangeur de chaleur, la pompe, les dispositifs de mesure et de réglage ainsi que les circuits électroniques assurant la sécurité de fonctionnement .

Il s'intéresse aussi au chauffage de l'eau de piscines, et pour l'industrie, exemple : sucrerie en Tanzanie, pourvue d'une unité permettant le chauffage de toute l'eau de procédé requise à 1 température de 80° C .

(1) Energie solaire actualités n° 127. n. 7 .

Tableau II.7 : Evolution de la surface de capteurs vendus en R F A en 1979 et 1980 par 30 entreprises (en m²) :

Sociétés n°	1979	1980
Vente des 10 premières sociétés		
1	24 354 , 32,40 %	20 422 ; 25,79 %
2	9 270 , 12,33 %	7 420 ; 9,37 %
3	5 000	5 500
4	4 500	6 000
5	4 000	2 000
6	4 000	680
7	2 800	1 900
8	2 650	3 000
9	2 000	1 000
10	2 000	4 000
Total 1	60.574 ; 80,60 %	51 922 . 65,57 %
11	1 800	5 000
12	1 500	2 000
13	1 458	426
14	1 026	1 479
15	1 000	700
16	950	1 950
17	930	2 790
18	902	2 322
19	900	2 800
20	800	1 200
Total 2	11 266 . 14,99 %	20 667 ; 26,11 %
21	700	900
22	600	1400
23	400	400
24	400	2500
25	300	500
26	300	300
27	250	150
		.../...

du Tableau II.7

Sociétés n°	1979	1980
28	200	250
29	98	82
30	60	110
Total 3	3308 ; 4,41 %	6.592 ; 8,32 %
Total général	75 148 ; 100 %	79 181 ; 100 %

Source : d'après Energie solaire actualités n° 90 20 juin 1981 page 9 .

. Pour les usages agricoles, E R S a mis au point des installations de chauffage de l'eau nécessaire à la préparation de fourrages destinés à l'élevage de bovins .

. BRONSWERK- REFAC vend avec succès des installations collectives d'énergie solaire .

- fabrication et installation de dispositifs de climatisation .
- installations solaires commercialisées sous le nom de Solstitia .
- offre des unités complètes composées d'un réservoir de stockage, d'instruments de mesure et de recyclage, d'une pompe et d'un collecteur .
- offre de collecteurs standard de grande taille pour être appliqués dans les piscines, l'agriculture, l'élevage et l'industrie .

. D R V B.V. développe un collecteur qui a été sélectionné par une commission C.e.e. pour servir de collecteur de référence dans des projets expérimentaux, en cours dans 8 pays européens .

. ISOMUR B.V. fabrique des capteurs à air

f) L'industrie des RES en Angleterre :

la production de chauffe-eau solaire était en 1978 de 29 000 m² et passe au 1er trimestre 1980 à 36.000 m² . Une bonne proportion est exportée : entre 1974 et 1977 c'est seulement 12,5 % de la production qui fut exportée, alors que pour le premier trimestre 1980, cette proportion atteint 36 % .

Entre 1974 et 1980, 19 000 systèmes de chauffe-eau solaires ont été installés et environ 2.100 systèmes pour le chauffage de piscines .

Tableau II.8 : Evaluation de quelques projets des pays développés

P A Y S	NATURE ET TAILLE DES MARCHÉS
Australie	- 90.000 chauffe-eau solaires . - important parc d'aérogénérateurs Dunlite - équipement des maisons isolées en photovoltaïque
Autriche	- 64 000 m² de capteurs solaires installés fin 1980 - 1.300 micro- centrales - 130 séminaires réalisés en 1980 sur l'association capteurs solaires/ pompes à chaleur .
Canada	- très nombreuses chaudières à bois pour l'industrie ou l'habitat, - construction d'une unité de production de méthanol - centrale géothermique de 55 M.W . - colienne jusqu'à 4 M.W .
Espagne	- 1000 habitations isolées équipées en 1981 avec du photovoltaïque (100 We) - 10.000 prévues pour 1987
Grèce	- 70.000 m ² de capteurs solaires vendus en 1981, dont 16.000 dans le secteur tertiaire .
Hongrie	- 1.900.000 m ² de serres chauffées par géothermie basse température
Islande	- maîtrise de la filière géothermique qui assure 38 % des besoins énergétiques totaux .
Italie	- 100.000 m² de capteurs installés en 1979, utilisation de la chaleur solaire dans le textile, la chimie et l'alimentaire . - production de photopiles devant atteindre 7 MW en 1983 et 10 en 1990
Suisse	l'énergie devrait permettre la réalisation annuelle d'une économie de plus de 500.000 t pétrole, ce qui représente près de 22 % de toute la chaleur consommée dans l'industrie ou encore 2,3 % de la consommation d'énergie du pays .

Sources : Revue de l'énergie n° 349. n. 979, 1982 .

R) Les marchés du tiers monde :

Pour les pays du tiers-monde, le degré de développement est un critère d'utilisation de l'énergie solaire. Pour la plupart de ces pays, cette dernière est encore un "luxe" alors que certains autres - notamment les plus avancés (l'Inde et le Brésil) ainsi que ceux du Sahel (Mali) ont mis en oeuvre des programmes relativement ambitieux .

Mais d'une manière générale, le marché des technologies solaire est relativement limité . L'énergie solaire, qui paraît prometteuse et spécialement adaptée pour ces pays, n'a pas reçu, en Afrique notamment de solutions pratiques d'entrevue .

On reconnaît l'intérêt d'études concernant les prototypes d'appareils solaires-cuisinières solaires, chauffe-eau, chambres froides et pompes solaires - et insistons sur l'intérêt socio-économique des piles solaires . Cependant si les résultats sont satisfaisants, leur diffusion sur une grande échelle ne peut être totalement envisagée .

On peut repérer cinq types de comportements des pays du tiers-monde à l'égard de l'énergie solaire (voir tableau II.9)

- 1°) priorité décisive accordée aux E N P quelque soit l'état actuel de leur réalisation .
- 2°) Réalisation de grands projets (efforts importants par rapport aux moyens).
- 3°) Capacités nationales de recherches importantes
- 4°) Soutien à l'ouverture des marchés par des mesures significatives d'incitation au grand public .
- 5°) Ouverture à la coopération avec les pays industrialisés .

Nous ne retiendrons que les pays du tiers-monde ayant un niveau de développement des forces productives relativement élevé et qui produisent déjà des biens d'équipement classiques tels que l'Inde et le Brésil, et un pays du Sahel, le Mali où les efforts de coopération dans le domaine des SENR, sont développés .

Les autres pays du tiers-monde, malgré leurs moyens limités, ne sont pas absents de la "scène solaire " . (voir tableaux II:11, II:12 ; II.10) .

Tableau II.9 : Les ENR dans les pays du tiers-monde.

Libellés Pays	Pays accordant une priorité décisive aux ENR soit l'état actuel de leur réalisation	Pays ayant réalisé des projets de grande envergure (efforts importants/aux moyens)	Pays ayant des capacités nationales de recherche (ENR) importants	Pays ayant soutenu l'ouverture des marchés par des mesures d'incitation significative aux grand public	Ouverture à la coopération avec les pays industriels
Corée du sud	X	Chauffage et chauffe-eau		X	
Inde	X	X	X	X	
Colombie			X		
Brésil	X	Ethanol	X		
Egypte	X		X		X
Algérie			X		
Jordanie	X		X		
Kenya	X				X
Mali	X				
Chine		Biogaz micro centrales	X	X	
Philippines	X				
Indonésie					X
Rwanda	X				X
Soudan	X				X
Maroc			X		
Argentine			X		
R.Dominicaine				X	
Thaïlande					X
Pays du Sahel					X
Arabie Saoudite			X		X

Source : Revue de l'énergie n°349 décembre 1982
Energie solaire actualités n°123 Janvier 1983.

Tableau II.10 : évaluation de quelques projets de pays arabes en 1982.

Pays	Nature des Projets
Algérie	- Etude d'un village solaire intégré à M'Sila (projet). - réalisation d'un village solaire de 1.500 habitants alimenté par une centrale solaire à Bou-Saada (projet). - le plan 1980-1984 a inscrit 37 millions DA pour la ENR.
Egypte	- concentration solaire pour la production d'énergie. - 4 sociétés produisent des chauffe-eau avec une capacité de 4.000/an.
Jordanie	- 10 ateliers fabriquent des chauffe-eau solaires en 1980 contre 1 en 1976. - 88 téléphones photovoltaïques sont installés dans le désert.
Maroc	- le plan 1981-85 prévoit l'électrification photovoltaïque de 10 villages isolés et... - l'installation de 10 micro-centrales/an.
Tunisie	- usine de dessalement d'eau de mer à Borj Cedria (prévue pour 82).
Arabie Séoudite	- accord bilatéral avec les USA pour la période 77-82 ; le budget est de 100 M \$ financés à parts égales entre les 2 partenaires. Le programme comprend 4 axes. • applications urbaines. applications industrielles. • . développement des ressources énergétiques. applications rurales et agricoles. - 16,4 M \$ pour la réalisation, par Denver Martin-Marietta, pour l'alimentation de 2 villages (AL-AINAH et AL JUBAILA), d'1 centrale de 350 KW a procédé photovoltaïque. - construction d'1 unité de dessalement d'1 capacité de 3,15 millions litres d'eau potable et de 46 Kw d'électricité/J.
Koweït	- Climatisation
Libye et Soudan	- Séchage solaire.
Qatar	- installation d'une usine de dessalement de l'eau de mer d'une capacité de 100 t. d'eau pure/Jour.

Sources : -Le courrier n° 71 - février 1982.

-Revue de l'énergie n° 349 - décembre 1982.

-Energie solaire actualités n° 123 - janvier 1983.

Tableau II.11 : Evaluation de quelques projets de pays africains : en 1982.

P A Y S	N A T U R E D E S P R O J E T S
Niger	- Construction de pompes et moteurs solaires (projets nouveaux) - mise en place de réseaux de télévision villageois
R.C.A.	- exploitation du rayonnement solaire (projet national)
Sénégal	- une pompe solaire en thermodynamique a été installée à Kanel, département MATAN en collaboration avec ONG (opérateur 2000) - une autre pompe en thermodynamique a été installée à Medina-Dakar, 10 m ³ / J d'eau à 40 m - installation "par eau vive" d'une pompe solaire et une micro-centrale solaire - installation d'une station photovoltaïque à Mont-Rolland 5 m ³ /J à 10 M ³ /J d'eau à 45 m par soffres
Somalie	- pompes solaires (projet intégré 2500.000 Ecu)
Côte d'Ivoire	- Fabrication et montage sur le terrain de 100 alimentateurs utilisant l'énergie solaire pour faire fonctionner des récepteurs spéciaux de télévision, par CATEL (compagnie de télévision)
Nigeria	- installation utilisant l'énergie solaire pour le pompage de l'eau dans l'état de KONO avec la collaboration d'Elf oil company Nigeria
Sahel	- 1 programme triennal prévoyait l'installation de stations solaires utilisant la voie thermodynamique pour le pompage et l'éclairage électrique - dans le domaine du froid il a été prévu un projet très avancé de chambre froide solaire de 15 m ³ fonctionnant avec photopiles
Kenya	- Construction de 2 unités de production d'alcool à partir de mélasse - une unité de 150.000 l/J à partir du jus de canne est en projet
Zimbabwe	- 2500 éoliennes fonctionnent sur des forages - projet d'utilisation immédiate de générateurs solaires d'électricité d'achat de 10 stations de pompage et de fabrications d'équipement solaire.

.../...

Suite....

P A Y S	N A T U R E D E S P R O J E T S
Gabon	- fourniture d'équipements photovoltaïques à l'office des postes et télécommunications (O.P.T.) pour l'alimentation de 10 nouveaux relais hertziens de télécommunication de l'axe côtier port-Gentil - Mayumbra - Tchibay avec une puissance crête totale de l'ordre de 30 KW

Sources : - Revue de l'énergie n°349 Décembre 1982

 - Le courrier n°71 Février 1982

 - Energie solaire actualités n° 125 Février 1983

 - Bulletin mensuel d'information d'Elf Aquitaine

 n° 3 Mars 1983.

Tableau II.12 - Evaluation d'autres projets de pays du tiers-monde.

P A Y S	N A T U R E D E S P R O J E T S
Corée du sud	20.000 m2 de capteurs ont été fabriqués en 1980.
Colombie	4500 radiotéléphones publics photovoltaïques ont été installés
Guyane	5 gazogènes à bois alimentent, à partir de 1982, des groupes électrogènes de 940 Kw chacun.
Népal	20 micro-centrales doivent être réalisées d'ici 1990, 6 ont déjà été installées
Chine	6.400.000 digesteurs ont été installés en 1978. (Aujourd'hui 7M) 90.000 micro-centrales sont installés et fonctionnent 100.000 m2 de capteurs - plans sont installés sur des bâtiments publics
Philippines	- des centrales géothermiques atteignent 400 MW. - 70 plantations énergétiques de 1500 ha devraient alimenter chacune une centrale à vapeur de 3 MWe.
Indonésie	- 27 micro-centrales ont été installées
Pakistan	- projet d'équipement de 40.000 villages, en installations solaires pouvant leur permettre de s'alimenter en électricité - équipement d'un village solaire avec un système de 5 KWe - installation, avec assistance financière, d'un système de 100 KWp desservant 7 villages à un coût de 3,8 M \$ E.U.
Mexique	- pompage de l'eau d'après la technique sofretes (turbine solaire à basse température de 25 Kw) à San Luis de la PAZ - 11 pompes de 1 KW sont déjà installées et 8 autres en construction.
Chili	- distillateurs solaires, réfrigérateurs solaires à absorption ou à compression, étangs solaires avec gradients de salinité (recherches très avancées).

Source : -Revue de l'énergie n°349. Décembre 1982
 -ONUUDI 1980
 -le courrier n°71 juin 1982.

a) Le Brésil :

Le gouvernement brésilien s'est intéressé à l'énergie solaire dès 1973 . En 1974 un plan solaire a été mis au point . Il prenait en considération un ensemble de facteurs socio-économiques et géographiques . Le budget pour l'année 74-75 a été de 2,5 M \$ (valeur 1974) .

Les sujets traités par ce plan étaient :

- les capteurs solaires : conception, construction de prototypes, essais et évaluation de capteurs plans .

- séchoirs : conception, construction et expérimentation à l'échelle réduite d'installations de séchage de fruits tropicaux .

- distillation, réfrigération, bioconversion ...

En 1978 a été mis en oeuvre un projet de construction de 130 unités de fabrication d'éthanol à partir de la canne à sucre, du manioc, de la noix de coco ...

En 1980, le Brésil a produit 4 millions de m³ d'alcool (2,5 M tep) et une centaine de milliers de véhicules fonctionnaient à l'alcool, malgré un coût de production supérieur de près de 60 % au carburant classique .

La production énergétique issue de la biomasse au Brésil est égale à la totalité de la consommation pétrolière des 44 pays d'Afrique sub-saharienne (pays de la ligue arabe exclus) (1) .

En 1981, la commission exécutive nationale de l'alcool pouvait compter 309 projets dont 296 se rapportant à la canne à sucre, 12 au manioc et 1 au palmier à sucre babacu .

Depuis la création du programme national de l'Alcool (1975) les récoltes ont déjà fourni au Brésil 6 Milliards 540 Millions de litres par récoltes, soit 61 % du total qu'il est proposé d'atteindre en 1985 . On compte atteindre 10 Milliards de 700 millions de litres en 1985 .

D'après l'accord établi entre le gouvernement et l'industrie automobile, les 265 000 voitures à alcool fabriquées au Brésil jusqu'à la fin de 1980 sont sorties des usines suivantes :

- Chrysler (100 u)
- fiat (43713)
- ford (33 050)
- général Motors (44714).

(1) Revue de l'énergie Mars-Avril 1981 n° 333 p. 129 .

Gurpel 243

- Volkswagen (142 440)

- Santa Matilde (47)

D'après les prévisions 270 000 moteurs à essence seront recyclés entre 1980 et 1983 .(1)

b) l'Inde :

Comme le Brésil, l'Inde a donné une grande importance à l'énergie solaire .

La production d'énergie à partir de la bouse de vache a commencé dès les années 1950, on compte aujourd'hui en Inde des milliers de digesteurs . (50.000 en 1978) .

Concernant les pompes solaires, l'Inde a élaboré en 1976 un programme de pompes de 1,5 à 3,5 Kw pour l'irrigation sur des minicentrales de 10 Kw pour des villages, de séchoirs solaires pour les céréales et le bois d'oeuvre et de générateurs de méthane alimentés par des déchets organiques et donnant une production de gaz, triplée grâce à l'emploi d'insolateurs .

Pour le chauffage de l'eau, il a été conçu des dispositifs thermo-électriques, constitués essentiellement d'une batterie de capteurs plans . Ces dispositifs expérimentaux installés dans un certain nombre d'Hotels et d'hôpitaux indiens ont déjà apporté la preuve de la rentabilité du chauffe-eau solaire.

Les panneaux à capteurs plans sont aussi utilisés dans certains projets pilotes pour sécher les produits agricoles et le bois de construction, dessaler l'eau de mer ... C'est ainsi que, dans le Gujarat, une usine de dessalement alimente un village en eau potable .

Une usine expérimentale de 15 Km utilisant la technique de production de l'électricité à partir de la vapeur a été construite avec le concours de la R.F.A. . Deux pompes d'irrigation fonctionnaient en 1981 selon le principe photovoltaïque dans les Etats du Râjasthan et du Gujarat . Dans la période 81-85) 70 pompes semblables consommant quelques 25 Km d'électricité d'origine solaire seront mises en service dans divers régions du pays .

Le 6° plan jouera un rôle capital dans le développement des applications de l'énergie solaire . Sur les 500 M roupies alloués pour la mise en va-

(1) (Waldyr Figueirido : responsable de la section automobile et tourisme du "Jornal do Brasil" dans Elmoudjahid, . Supplément Mondial n° 8 du 31 Mars 1983.

leur des E.N.R., 400 M seront investis dont le solaire (1) .

d) Au Mali

Le Mali est l'un des pays africains ayant réalisé plusieurs projets intéressants . Parmi ces projets, l'implantation d'une forte densité de pompes solaires dans un vaste périmètre agricole .

Le Mali a déjà construit et installé avec la collaboration du C.C.F.D. (Comité catholique contre la faim et pour le développement) des pompes solaire . La C.E.F. a financé en partie plusieurs projets dont :

- l'équipement de trois forages avec pompes à énergie solaire sur photopiles dont le département San 93066 Fcu dont la C.E.F. 57661 Fcu .

- la construction et l'équipement de deux centres d'animation rurale à KARGARV et à San en collaboration avec l'A.F.V.P. (association française des volontaires du progrès), l'installation d'une unité d'exhaure solaire avec aménagement d'un périmètre irrigué a été ajoutée au projet : coût 437270 Ecu dont CEE 94 327 Ecu .

- une pompe à énergie solaire a été installée dans la plaine de KOPIOUME . Le coût de l'installation s'est élevé à 151 326 Ecu dont 67421 supportés par la C.E.F.

- "Ile de paix " a implanté des générateurs solaires, utilisés pour le développement micro-industriel et pour l'irrigation en zone sahalienne, dans l'arrondissement de BOUREM-INALI Coût : 186 503 Fcu dont CEE 54 086 Ecu .

Dans beaucoup de pays du tiers monde, il y a un vif intérêt des autorités publiques, comme du secteur privé, pour le développement de l'énergie solaire . Les activités en cours et prévus dans chaque pays dans les domaines de R.D, de la démonstration, de la diffusion et de la commercialisation (2) et les applications tentées indiquer le rôle attendu de ces sources d'énergie, vont en s'élargissant . Certains autres pays établissent des accords avec des organismes internationaux pour la mise en valeur des sources d'E N R .

L'ONUDI, a réalisé un nombre important de ces accords (voir tableau II) d'une part, et d'autre part accorde des activités d'assistance technique dans certains projets, terminés ou en cours, portant sur l'emploi industriel des sources d'E N R, (voir tableau II.14)

Il ne faut cependant pas négliger le poids de tous les obstacles dus à des facteurs d'ordre psychologiques économiques et techniques, qui ont freiné et qui freinent encore la pénétration des E N R dans les zones rurales des P.T.M.

(1) Satijendra, tripathi dans : El Moudjahid : supplément mondial n° 8 du 31/03/81 .

(2) à 1 échelle réduite .

Tableau II.13 Accord entre l'ONUPI et des pays en dév. relatifs à la mise en valeur de E.N.R.

Pays	type d'accord et nature	Etat des réalisations
Mauritani	Etude, rentabilisation et Utilisation des ressources renouvelables	fin octobre 80
Mozambique	Coop. dans le domaine de l'énergie pour l'industrie	11/80
Sierra Leone	Recherche et mise en valeur de ENR en regard tout particulièrement à l'énergie hydraulique et à l'emploi de l'énergie solaire dans les zones rurales .	
Soudan	Promotion d'une industrie de l'énergie pour appuyer l'industrialisation	2/78
Bangladesh	Assistance technique à la mise en valeur de ressources de gaz naturel en vue d'accélérer l'industrialisation	
Chine	Réunions à l'intention des pays en dév. - consultation et voyage d'études sur l'utilisation à grande échelle de la technologie du Biogaz-1980, Beijing chine - Séminaire interrégional et voyage d'études sur la technologie du ciment à faible consommation d'énergie 1980, Chine .	4/80
Népal	Coopération dans le domaine de l'énergie, particulièrement celle provenant de sources nouvelles et renouvelables	10/80
Cuba	Assistance ONUDI/PNUD à l'exécution d'importants projets relatifs aux dérivés de la canne à sucre qui offrent des possibilités à Cuba et dans d'autres PVD.	

Source : Conférence des nations Unies sur les E.N.R.

Activités des organes, organisations et organismes des nations unies
Compétentes dans le domaine des E.N.R. - O.N.U.D.I
A/Conf. 100/6/add.12 .

Tableau II.14 : Activités d'assistance technique relatives aux emplois industriels des SENR (ONUDI) .

Pays	Nature du projet	Montant de l'investissement	Etat des réalisations
- Mali Niger Sénégal	. Mission explorations sur l'énergie solaire	16.000 \$.	Projet terminé
- Gambie	. Assistance d'urgence pour la réparation et l'entretien de la centrale électrique de Banjul	47 500 \$	terminé
- Mali	. Assistance au laboratoire de l'énergie solaire	68.000 \$	terminé
"	. Assistance au laboratoire de l'E.S. (Phase II)	18.060 \$	"
- Niger	. Utilisation de l'énergie solaire	5 950 \$	
- Mongolie	. Aide au développement rural pour l'emploi de l'énergie hydraulique, éolienne et solaire	4.000 \$	terminé
- Thaïlande	. mise en valeur des sources non classiques d'énergie	50.000 \$	
- Cuba	. Mission exploratoire sur la mise en valeur de l'énergie solaire et d'autres sources nouvelles d'énergie	18.000 \$	terminé
- Cuba	. Assistance préparatoire pour la fabrication de rechauffeurs solaires	20.500 \$	
- Uruguay	. Assistance dans le domaine des minicentrales hydro-électriques	5650 \$	
- P.V.D.	. Journées d'études sur l'utilisation de l'alcool obtenu par fermentation comme combustible et matière première pour l'industrie chimique des P.V.D	17.110 \$/	
- P.V.D.	. " " " "	19.930 \$	terminé
- Chine	. Consultation technique entre pays en développement sur l'utilisation à grande échelle de la technologie du Biogaz en Chine	33.100 \$	terminé
- Kenya	. Production d'alcool carburant avec de la mélasse	20.200 \$	terminé
- Ethiopie	. production d'ethanol avec de la mélasse	60.200 \$	
- Ghana	. production et utilisation du charbon de bois Phase II.	16.500 \$	
- Philippines	. Assistance à la production d'énergie à partir de déchets de la biomasse	404.300 \$	
- haute Volta	. démonstration de techniques relatives au Biogaz	65.100 \$	
- Zambie	. Traitement de mélasse-fabrication d'alcool éthylique et de levure pour l'alimentation animale .	13 950 \$	

Source : Conférence des nations Unies sur les sources d'E.N.P.
 Activités des organes, organisations et organismes des nations unis compétents dans le domaine des E N R .(ONUDI) A/Conf/. 100/6/add. 12 .

II.3 : LIMITES ET CONDITIONS DE LA PENETRATION DES ENR DANS LES PAYS DU TIERS-MONDE :

L'application de l'énergie solaire aux besoins des P.T.M, suscite beaucoup d'espoir parmi les pays qui espèrent réduire, par cette voie, une dépendance énergétique coûteuse en devise, améliorer le sort de leur population rurale et créer une industrie locale.

Aussi, parallèlement aux programmes de R.D. dans le domaine des E.N.R.; les pays du tiers-monde doivent se donner des objectifs pour l'insertion de celle-ci dans leur bilan énergétique. Ces objectifs ont avant tout pour but d'orienter les actions publiques de R.R.D.

Les gouvernements, par leur choix de promouvoir certaines de ces sources, peuvent accélérer très sensiblement le développement de leur utilisation. Mais, seule une politique résolue peut permettre de mettre en place les structures institutionnelles et coordonner les actions à entreprendre.

Ces actions, prioritaires, doivent comprendre tous les domaines - évaluation et planification, R.D.D, transfert de technologie, formation, information... - de manière à assurer la couverture du programme d'action dans toute son étendue, mais dans chaque domaine, il convient de donner la priorité à certains types d'actions et de programmes qu'on estime appeler une intervention plus urgente, en fonction des besoins nationaux.

Le succès d'une telle planification dépend de beaucoup de la manière dont sont prises en compte les interactions entre le secteur de l'énergie et le reste de l'économie. Il faut pouvoir évaluer les besoins de ce secteur - en capitaux, en main-d'oeuvre et en matières premières - analyser la structure de la demande et fournir l'énergie sous les formes finales requises.

Dans les P.T.M, et compte tenu de la prédominance du secteur rural, le problème de la planification, de la conception et de l'exécution des projets nécessitera une réorientation sensible des activités qui sont à l'heure actuelle concentrées dans les zones urbaines.

Une telle réorientation, en faveur de la mise en oeuvre de projets de petite taille, visant à accélérer le développement du milieu rural, favorisera les techniques simples, une formation technique facilement acquise et une production massive de pièces détachées, et pièces de rechange fabriqués localement - cette évaluation n'exclut pas l'exécution de projets de grande taille - Ainsi, le recours à ces sources d'énergie, de par leur multiples applications décentralisées possibles ou prévisibles, permettra de retarder ou d'éviter la mise en place d'un système énergétique complexe de production, inadapté aux zones rurales des P.T.M.

Les P.T.M. ne devraient pas devenir de simples consommateurs d'énergie et de technologie, mais ils devraient participer à son développement et à son exploitation à tous les stades. Dans la réalité, les ingénieurs et techniciens des pays industrialisés sont portés à élaborer des projets et à construire des prototypes compte tenu de leur propre environnement technologique et socio-économique. Ils tendent à se spécialiser dans des technologies très sophistiquées qui pourraient avoir comme principal objectif, la fourniture "clés en main" de centrales solaires aux P.T.M., nouveau créneau de transfert de techniques sophistiquées, et donc de domination.

En effet les technologies énergétiques ne sont pas neutres politiquement et socialement, elles englobent les machines et les rapports sociaux de production qu'implique leur usage.

Pour les P.T.M., il est indispensable qu'il y ait un transfert de connaissances et non un transfert de technologies provenant des pays développés. L'octroi de fonds nationaux à la R-D. dans le domaine de l'énergie, faciliterait d'une part ce transfert dans des conditions convenant à chaque pays et d'autre part l'exploitation du potentiel des sources d'ENR existant.

Mais, dans les P.T.M., l'un des problèmes que pose la R-D, tient principalement au manque d'information, de compétences techniques et de ressources financières. Aussi, il est nécessaire d'encourager la R-D. au moyen d'une politique clairement orientée vers le renforcement des centres existant, la création d'autres centres - ces centres devraient coopérer avec l'industrie locale et servir aussi pour l'information, l'éducation et la formation - et la promotion de l'utilisation des ENR en fonction des critères fixés pour la réalisation des objectifs nationaux.

Ainsi pour accroître de façon significative l'utilisation des sources ENR, il est vital de stimuler, favoriser et appuyer activement l'exécution de programmes d'enseignement et de formation à tous les niveaux. En effet, la formation des hommes demeure un impératif de première urgence pour les pays du tiers monde et devrait s'étendre tant au domaine de l'enseignement classique et professionnel qu'à celui du recyclage. Une telle formation devrait permettre de créer des compétences locales capables d'être les interlocuteurs valables des experts des pays développés.

Le succès d'une telle politique repose d'abord sur la valeur des personnes chargées de l'exécuter.

L'un des meilleurs moyens d'assurer le transfert réel de la technologie est d'instaurer des liens régionaux visant à promouvoir l'échange d'information et de personnel, la coopération dans le domaine des programmes de recherche et la coopération technique.

Parallèlement au problème de la formation se pose celui de l'information. Il existe, dans les P.T.M., des difficultés à acquérir l'information, dues à l'inexistence de certains aspects de l'information, à l'insuffisance du nombre de personnes qualifiées ou formées et à l'insuffisance des efforts en matière de recherche universitaires.

Il apparaît de ce fait, nécessaire de développer les méthodes de grande diffusion sous ces diverses formes et de manière à être accessible au public.

Une telle politique peut sensibiliser davantage les pouvoirs locaux et les utilisateurs potentiels aux possibilités offertes par les ENR, grâce au transfert au niveau du village du savoir faire existant et de l'information concernant les progrès réalisés dans les instituts de recherche.

L'utilisation des créneaux internationaux existant pour assurer les échanges et la diffusion de l'information-concernant le développement de la technologie solaire, les essais sur le terrain et les projets de démonstrations, s'impose. Elle a pour objet de faciliter et d'appuyer les efforts visant au lancement et/ou à l'intensification d'activités de R.D. la coopération internationale - apportée par tous les gouvernements et toutes les institutions compétentes - devrait avoir pour but d'aider et d'appuyer les efforts déployés au niveau national en particulier par les PTM - pour évaluer les sources ENR, les besoins et les technologies dans le contexte énergétique global - et d'évaluer des plans et programmes énergétiques compatibles avec les objectifs nationaux de développement.

Les projets de coopération internationale conçus à l'échelle commerciale peuvent accélérer le rythme auquel les progrès technologiques accomplis dans un pays sont utilisés dans d'autres pays. Ainsi de l'avis de M. ANTONIOZZI (Ministre Italien pour la coordination de la recherche scientifique et technologique)"... coopérer signifie utiliser nos techniques pour les adapter aux situations locales et pour réaliser la transformation des conditions ambiantes qui entraînent le développement d'une société. C'est dans ce cadre que nous devons évaluer l'aide que nous sommes en mesure de fournir au développement des autres peuples et c'est dans ce cadre que l'Italie juge la coopérative avec les pays du tiers monde, partie intégrante de ses principes de l'interdépendance du développement de tous les pays"(1).

Mais dans les conditions actuelles de transfert de technologie et de coopération, seule une activité de R.D. commune, entre P.T.M., peut éloigner le danger permanent de la dépendance et de la domination par le capital internationale. En effet le dialogue Nord-Sud, comme tout dialogue et un rapport de force actuellement en faveur du Nord, et seule une sérieuse coopération Sud-Sud peut renverser la tendance.

Le cadre de cette coopération pourrait comprendre trois dimensions.

- un objectif commun
- une démarche coordonnée
- la nécessité d'une coopération à long terme

Le résultat de toutes ces démarches devrait permettre aux P.T.M. d'acquérir...

- au niveau national :
 - des équipes pluridisciplinaires locales, aptes à concevoir, effectuer et améliorer les dispositifs de conversion de l'énergie.
 - une industrie locale c'est-à-dire la capacité de fabriquer, faire fonctionner, entretenir, commercialiser et gérer du matériel et des pièces détachées pour l'utilisation des ENR.
 - la maintenance des matériaux par une main d'oeuvre locale
- Au niveau régional,
 - la mise en oeuvre de capacités propres de formation, d'étude et de gestion des projets
 - l'aide au financement et à l'acquisition de la technologie importée.

(1) L'énergie solaire au service du développement rapport de la conférence internationale organisée par la commission des communautés européennes à Varèse du 26 au 29 mars 1979

- les possibilités de transfert d'expériences technologiques où d'autres PTM ont réalisé ou réaliseront des adaptations applicables aux autres pays du tiers-monde.

Conclusion :

Pour les P.T.M. ayant fait le choix d'un développement intraverti, la sécurité d'un approvisionnement énergétique est un motif de grande préoccupation, dès lors qu'il compte parmi les trois aspects essentiels à l'industrialisation, à savoir la technologie, l'énergie et le financement .

Les pays du tiers monde accusent un retard à ces trois niveaux, c'est pourquoi 80 % des besoins immédiats en énergie des zones rurales des P.T.M. sont couverts par des énergies non conventionnelles .

Les zones rurales des P.T.M. sont un endroit où le soleil est déterminant et où les populations ont toujours utilisé le solaire .

Ces utilisations, anarchiques, ne nécessitent dans un premier temps que des perfectionnements et de nouvelles orientations, l'introduction de techniques plus sophistiquées devant se faire progressivement .

De part leurs diverses utilisations, ces sources d'énergie peuvent être d'un grand apport pour l'approvisionnement énergétique des P.T.M. .

Ces derniers en sont conscients et mesurent l'impact de ces énergies sur leur développement . Mais il semble que les conditions à remplir pour réussir l'introduction de ces nouvelles techniques et en acquérir la maîtrise technologique restent limitées et sous estimées .

En effet l'absence de politiques et de stratégies d'ensemble concernant les E.N.P. est l'un des principaux obstacles qui entravent la mise en valeur et l'utilisation accrue des sources d'E.N.P. .

Le problème se pose avec plus d'acuité, lorsque parallèlement, les pays et les firmes capitalistes développent des stratégies dans le contrôle des biens d'équipement solaires et leurs marchés respectifs .

Les pouvoirs publics vont intervenir pour assurer l'indépendance énergétique et les firmes pour assurer la maîtrise d'une nouvelle technologie, diversifier les risques et assurer des profits à long terme .

Les pouvoirs publics des pays développés adoptent une stratégie en faveur des entreprises les plus compétitives . Leur objectif est d'assurer à ces firmes une position de monopole pour la technologie et les exportations vers le tiers-monde . En effet les pays développés ont compris l'importance du marché potentiel, que les P.T.M. représentent pour les techniques qu'ils ont commencées à mettre au point, et ils sont prêts à monter des usines de fabrication d'équipement dans ces pays .

Les groupes privés de leur côté accroissent progressivement leur emprise sur l'ensemble du processus de production et restreignent aux P.T.M la possibilité de fabriquer une partie des biens d'équipement scolaires .

Les groupes pétroliers, cherchant la monopolisation du marché énergétique et l'appropriation des rentes aux différents niveaux de production et de circulation, se lancent eux aussi dans le domaine des E.N.R .

Face à ces stratégies de domination du marché mondial, les P.T.M , s'ils veulent amorcer un développement intraverti, doivent opter pour une stratégie orientée vers la R.D.D. et la coopération .

Les P.T.M doivent faire des efforts de recherche pour promouvoir les applications adéquates à leur développement respectif . Pour cela, il convient d'encourager la formation et l'éducation, dans la création de compétences locales, et l'information dans le cadre de l'élargissement, aux zones rurales du savoir faire existant et de l'information concernant les progrès réalisés dans ce domaine . La coopération entre pays du tiers-monde devrait répondre aux impératifs d'une politique de P.D.D. et lui offrir les conditions de sa réalisation .