

SMAÏL KHENNAS[*]

Stratégies de contrôle des filières technologiques solaires et rapports Nord-Sud

Introduction

La modification du rapport de forces en faveur des pays de l'OPEP qui s'est traduite par le quadruplement du prix des hydrocarbures en 1973, a entraîné une révision des politiques énergétiques de la plupart des pays occidentaux. Les programmes de développement des capacités de production de l'électricité d'origine nucléaire ont été réévalués en hausse. Mais l'opposition croissante à cette forme d'énergie ainsi que la durée limitée des réserves d'uranium économiquement exploitables ont rendu nécessaire la Recherche – Développement, orientée vers les économies d'énergie et la mise en valeur d'autres ressources énergétiques, notamment l'énergie solaire.

Dans le cadre limité de cette étude, nous allons focaliser notre analyse sur certaines filières susceptibles d'être favorablement développées en Algérie. Parmi celles-ci, les applications basse température (notamment le chauffe-eau solaire) sont déjà rentables et largement diffusées dans quelques pays, tandis que les technologies pour la production d'électricité sont encore au stade de l'expérimentation de prototypes ou d'installations pilotes. Cependant les progrès déjà accomplis et corrélativement la baisse des coûts qui s'en est suivie, laissent supposer que l'électrosolaire va représenter un appoint non négligeable à partir des années 1990.

S'il semble que la pénétration de l'énergie solaire et des autres énergies renouvelables va sensiblement croître au cours des prochaines décennies, la production des biens d'équipement solaires revêt un aspect stratégique car elle conditionne l'autonomie énergétique. En effet, contrairement aux énergies fossiles, la dépendance ne se situe plus au niveau de la matière première mais de l'équipement pour la transformation des ressources énergétiques. Aussi, le processus de formation de l'industrie solaire et les stratégies de contrôle des moyens de travail représenteront un point central de notre analyse.

1 - Les technologies banalisées

Par rapport aux autres utilisations, notamment la production électrique, l'exploitation de l'énergie solaire à basse température (quelques dizaines de degrés) ne nécessite pas une technologie complexe. L'exposition directe au rayonnement solaire de produits agricoles, pour

le séchage par exemple, constitue la forme la plus simple de captation de l'énergie solaire, mais afin d'augmenter les rendements, le recours à des collecteurs ou capteurs solaires est indispensable. Ceux-ci constituent d'ailleurs l'élément de base et la technologie spécifiquement solaire à partir de laquelle un grand nombre d'applications peuvent être envisagées telles que la production d'eau chaude sanitaire, le chauffage des locaux, la réfrigération, la distillation...

1.1. - L'industrie des capteurs plans : des opérateurs hétérogènes

Parmi les systèmes de transformation de l'énergie solaire, le capteur plan à effet de serre est celui dont les usages sont les plus répandus. Il est formé d'un assemblage qui capte les rayons du soleil traversant la vitre, les absorbe et les convertit en chaleur qui est transmise au liquide à chauffer. La production des capteurs plans qui a déjà atteint le stade industriel peut connaître encore une diminution notable des coûts de production grâce aux économies d'échelle, à l'utilisation de matériaux moins chers (matières plastiques par exemple) ou à la mise au point de capteurs plus performants à partir des technologies actuellement disponibles et banalisées ou de nouvelles technologies.

L'industrie mondiale des capteurs plans est dominée par les Etats-Unis et la France qui ont amorcé, plus tôt que leurs voisins, une politique de développement des énergies renouvelables. En général, du fait de la faiblesse relative des barrières, technologiques et financières, à l'entrée, la production est assurée par un grand nombre de petites et moyennes entreprises et même quelques unités artisanales. Aux Etats-Unis, entre 1974 et 1979, le taux de croissance des firmes a été de 560 % et la production a été multipliée par plus de 8 (tab. I/1). Sur les 245 firmes recensées en 1979 (1^{er} semestre) seulement 13 ont un chiffre d'affaires annuel supérieur à 100 millions de dollars US. Parmi celles-ci, EXXON qui a vendu sa filiale Daystar, pour se consacrer aux filières plus capitalistes.

Tableau I/1
Évolution de la production et des producteurs de capteurs solaires

Années	Nombre de producteurs	Surface (10 ³ m ²)		Total
		Basse t ^e	Moy. t ^e , spéciaux et autres	
1974	45	1137	137	1274
1975	131	3026	717	3743
1976	186	3676	1925	5801
1977	294	6135	4176	10312
1978	254	5895	4981	10860
1979 (1 ^{er} semes.)	245	4349	2602	6951

Le total peut ne pas correspondre aux sommes car les chiffres ont été arrondis.

Source : U.S. Department of Energy, "Survey of the solar collector manufacturing activity" feb. 1979.

Chiffres d'affaires par usages (10⁶ \$)

	Valeurs	%
Chauffage piscines	82	33,7
Chauffe-eau	80	33
Chauffage des locaux	66	27
Climatisation	3	1,2
Autres	12	5,1
Total	243	100

Source : Solar-heating and cooling magazine, january 1979.

La production reste ainsi très décentralisée ; cependant le processus d'industrialisation a entraîné l'élimination progressive des pionniers, qui au départ bénéficiaient de rentes technologiques, et l'apparition de quelques grandes firmes pour des raisons stratégiques (intégration verticale) et économiques.

L'analyse de la production et du marché français confirment cette tendance. A l'origine, de petites unités artisanales réalisaient la quasi-totalité de la production, mais de plus en plus, ces dernières tendent à disparaître au profit des PME et de quelques grandes firmes. La production annuelle livrée en 1981 a été supérieure à 58.000 m² (essentiellement des capteurs avec vitrage), en régression néanmoins de quelques 8 % par rapport à 1980, pour un chiffre d'affaires d'environ 46 millions de francs (tab I/2).

Tableau I/2
Évolution des quantités livrées (m²)

4 ^e trimestre 1980	4 ^e trimestre 1981	% 1 9 8 1 / 8 0
13.915	14.354	+ 4,4 %
Année 1980	Année 1981	% 1981 81/80
63.406	58.117	- 8,3 %

Chiffre d'affaires hors taxes (10³ FF)

	4 ^e trimestre 1980	4 ^e trimestre 1981	% 1981/80
Capteurs avec vitrage	9.406	10.632	+ 1,3 %
Capteurs sans vitrage		86	
Total		10.718	
	Année 1980	Année 1981	% 1981/80
Capteurs avec vitrage	39.354	41.699	+ 5,9 %
Capteurs sans vitrage		4.130	
Total		45.829	

Ces chiffres ont été communiqués par le syndicat des fabricants de capteurs solaires et ne concernent que 16 constructeurs mais parmi les plus importants.

Source : Energie solaire actualités n° 106 - 20 mars 1982.

L'industrie française reste concentrée régionalement avec la localisation des unités de production dans le sud du pays où se trouvent les principaux centres de consommation.

1.2. - Usages et stratégies des firmes

Actuellement l'application la plus répandue reste le chauffe-eau solaire dont le surcoût est amortissable dans une période raisonnable dans le cas des sites favorables. Aussi, la plupart des firmes qui fabriquaient des appareils conventionnels se sont lancées dans la technologie solaire afin d'élargir leur gamme et maintenir, voire étendre, leur part du marché.

Jusqu'à présent, aussi bien aux Etats-Unis qu'en France, les éléments composant un chauffe-eau solaire relèvent le plus souvent de firmes différentes. Néanmoins quelques firmes de moyenne ou grande importance proposent des produits solaires totalement intégrés, c'est-à-dire dont les différentes phases sont maîtrisées par la même société (exemple SUDINOX "groupe Rosières" et STIEBEL-ELTRON) ; la stratégie de cette dernière firme est caractéristique des tendances qui se dessinent dans les applications basse température. STIEBEL-ELTRON est une firme d'origine allemande fondée en 1924 et spécialisée dans l'appareillage électrique ; elle emploie 3.600 personnes réparties dans 7 usines dont une en Autriche^[1] pour la production des équipements solaires. Les chauffe-eau, appareils de chauffage, les petits appareils ménagers et électroménagers constituent la gamme des produits conventionnels fabriqués par cette société.

Grâce à l'accumulation technologique dans les équipements classiques, STIEBEL-ELTRON, en produisant des capteurs, fait partie de ces quelques sociétés qui contrôlent l'ensemble des segments composant le produit solaire.

Parallèlement à ces PME, dont le solaire ne constitue qu'un nouveau champ d'applications technologiques à des produits qu'elles maîtrisaient traditionnellement, les firmes de l'énergie surtout aux Etats-Unis, ne semblent accorder qu'un intérêt marginal aux usages basse température surtout à cause de la concurrence relativement importante qui caractérise cette activité. Cependant en France, la participation des Pouvoirs Publics au capital et un marché moins concurrentiel sont des facteurs qui ont stimulé la Recherche-Développement-Démonstration (R.D. et D) des firmes pétrolières dans ce domaine.

Mais n'ayant qu'une très faible expérience dans la maîtrise de ces énergies nouvelles, les firmes de l'énergie entrent dans cette activité en s'associant avec des partenaires ayant déjà développé ce type de technologies. Les deux principales firmes françaises, la compagnie française des pétroles (CFP) et la société nationale Elf Aquitaine (SNEA) participent activement à l'expérimentation des applications basse température. La CFP, par l'intermédiaire de ses filiales[2] a ainsi formé en 1979 un Groupement d'Intérêts Economiques (GIE) dénommé Total Héliothermie qui comprend la SOFRETES, HUTCHINSPON MAPA et[3] deux autres entreprises (Fils CHARVET et COFRETH) de moindre importance. Total Héliothermie commercialise déjà deux types de chauffe-eau solaire et mène des opérations de démonstration dans la climatisation et le chauffage des serres. Par ailleurs des filiales de la CFP ont pris en 1980 le contrôle de 80 % du capital de GIORDANO qui est le premier producteur français de capteurs thermiques[4].

La société nationale Elf Aquitaine, tout en poursuivant une stratégie voisine de celle de la CFP, a procédé à des réformes institutionnelles en créant en 1979 la DIENIC[5] et en août 1980 Elf Energies (filiale à 100 %) qui va lui servir de support juridique et financier. Cette politique a été concrétisée en 1980 par une prise de participation majoritaire dans une entreprise spécialisée dans la thermodynamique industrielle (Etablissements Nev de Lille). La SNEA s'est particulièrement intéressée au chauffage central dont 13 millions de logements sont déjà équipés, ce chiffre pourrait atteindre 20 millions à la fin du siècle. Dans cette optique Elf solaire Developpements Energétiques (filiale à 100 % de la SNEA) a mis au point un système prometteur pour l'application de l'énergie solaire au chauffage central et à la production d'eau chaude sanitaire. Ce système (Sol 3) est basé sur trois éléments[6] :

- une pompe à chaleur eau/eau utilisant comme source de chaleur celle qui renferme de l'eau à basse température ;
- l'énergie solaire pour restituer à l'eau froide donneuse de chaleur les calories prélevées par la pompe à chaleur au profit de l'eau receveuse de chaleur ;
- l'utilisation du proche sous-sol pour stocker de jour l'énergie solaire et

la restituer aux heures où le soleil est insuffisant ou absent.

Même si des systèmes particulièrement intéressants sont mis au point, la contribution de l'énergie solaire aux besoins énergétiques domestiques reste marginale. Aussi pendant cette phase, l'intervention de l'Etat est-elle prépondérante afin d'inciter les firmes à investir dans un créneau dont la rentabilité globale est encore faible, mais qui risque d'être stratégique au cours des prochaines décennies.

1.3. - La politique des Pouvoirs Publics

Dans les pays industrialisés occidentaux, depuis la revalorisation du prix des hydrocarbures notamment, les Pouvoirs Publics privilégient deux lignes d'action en faveur des énergies renouvelables : utilisation des instruments traditionnels de la politique économique (fiscalité, subventions...) et prise en charge d'une grande partie de la R.D. et D à partir de fonds et de structures publics.

Aux Etats-Unis, parallèlement à la législation fédérale, de nombreux Etats ont adopté des mesures pour favoriser la pénétration de l'énergie solaire. Les instruments juridiques mis en oeuvre peuvent être volontaristes ou le plus souvent incitatifs, comme par exemple l'arrêté voté en janvier 1979 par les Autorités de San Diego (Californie)[7], qui rend obligatoire une installation de production d'eau chaude sanitaire. Dans ce cadre, on peut distinguer différentes mesures d'exemption concernant l'impôt foncier, des déductions fiscales au profit des particuliers et des entreprises, des réductions sur la taxe de vente[8] ou le système du leasing.

En France pour l'installation de tout chauffe-eau solaire homologué, une prime de 1.000 FF était octroyée au consommateur par le Commissariat à l'énergie solaire (COMES)[9]. Cette prime a été supprimée le 30 juin 1979 et remplacée depuis le mois d'août[10] de la même année par un prêt de 3.000 FF par logement en immeuble collectif et de 4.000 FF pour une maison individuelle. Il semble que la formule de la prime, même si elle représentait en moyenne 20 % de l'achat (nous avons supposé le prix du chauffe-eau solaire égal à 5.000 FF), n'ait par fortement stimulé la demande. Dans une économie où le taux d'inflation est relativement important (en moyenne 10 % par an en France) un prêt qui couvre en grande partie l'investissement initial (80 % pour une maison individuelle) est préféré par le consommateur.

Les autres pays occidentaux développent, en général, des politiques voisines de celles des Etats-Unis et de la France et ont même tendance à accroître leurs investissements dans ce secteur afin de réduire leur retard technologique par rapport à ces deux pays. C'est ainsi qu'en RFA, l'Etat accorde une subvention de 25 % pour toutes les réalisations solaires, en Italie le taux de la taxe sur la valeur ajoutée (TVA) n'est plus que symbolique pour l'installation d'un chauffe-eau solaire par des particuliers. Mais c'est le Canada qui semble être un exemple grâce à l'élaboration, par les Pouvoirs Publics, d'un programme cohérent dont l'objectif est l'édification d'une industrie solaire nationale. En juillet 1978, le Ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources a rendu public un plan quinquennal de \$ 380 M pour le développement des énergies renouvelables. Dans le cadre de ce plan, les Travaux Publics du Canada

sont chargés de la gestion de trois programmes qui intéressent la production de biens d'équipement solaire pour le bâtiment :

- immeubles à consommation réduite d'énergie : (I.C.R.E.) \$ 0,42 M ;
- aide aux fabricants de matériel solaire : (A.F.M.S.) \$ 3,1 M ;
- achat et utilisation d'équipement solaire : (A.U.E.S.) \$ 125 M^[11].

Le programme ICRE a pour objectif la mise au point de techniques permettant une meilleure utilisation du chauffage solaire passif, c'est-à-dire la conception d'immeubles ayant un bon rendement énergétique. Les deux autres programmes qui représentent 99 % de l'allocation financière consacrée au bâtiment, doivent permettre la mise en oeuvre d'une industrie solaire compétitive. Le programme AFMS se fixe trois objectifs principaux : stimuler la conception, la fabrication et la commercialisation par les sociétés canadiennes de matériels et installations efficaces et fiables fonctionnant à l'énergie solaire, diminuer les prix du matériel solaire et favoriser le développement, à court terme, d'une industrie solaire canadienne qui puisse fonctionner sans l'aide de l'Etat. Pour atteindre ces objectifs, la stratégie des Pouvoirs Publics est l'encadrement et la rationalisation de cette industrie afin de limiter le marché aux entreprises les plus compétitives. Grâce au programme AFMS, le Gouvernement Fédéral garantit aux fabricants un marché initial.

A la fin de la période quinquennale, la nouvelle industrie devrait produire des équipements solaires pour le chauffage de l'eau et des locaux qui seraient compétitifs par rapport aux appareils classiques. Selon des estimations du Gouvernement Fédéral, le chiffre d'affaires résultant de la vente de ces équipements devrait se situer entre \$ 400 M et \$ 800 M pour un niveau de l'emploi évalué à quelque 15.000 travailleurs.

D'une manière générale, cette industrie reste caractérisée par un nombre relativement important de PME. Mais la politique des Pouvoirs Publics, pour favoriser l'émergence d'une industrie dans leurs pays respectifs, s'accompagne d'un processus de concentration du capital, par des moyens variés : homologation d'appareils, aide sélective. Cette tendance risque de s'accroître tout en revêtant des formes différentes si la technologie des capteurs accomplit un saut qualitatif décisif. En effet de grandes firmes de l'électronique développent des capteurs à partir de la technique du vide utilisée pour la fabrication des lampes et des tubes images. De tels capteurs conduisent à une augmentation très sensible du rendement, et une production industrielle à des prix accessibles permettrait à l'énergie solaire de conquérir le marché du chauffage qui représente une part importante de la consommation domestique. Plusieurs types de capteurs utilisant le tube à vide sont mis au point tant en Europe qu'aux Etats-Unis. Dans ce dernier pays on peut noter la présence de firmes comme General Electric, Owens Illinois et Corning Glass, en Europe, THOMSON (par l'intermédiaire d'une grande filiale : la Compagnie des Lampes^[12]) et Phillips principalement.

2 - Les technologies en voie de développement : l'électrosolaire

La centrale électrosolaire n'a pas encore atteint le stade de maturité de certaines applications basse température, mais les perspectives de développement extrêmement prometteuses, malgré une technologie plus complexe, suscitent un intérêt croissant des grandes firmes transnationales et des Etats. Deux filières principales, utilisant des technologies totalement différentes, permettent de produire de l'électricité d'origine solaire : la voie photovoltaïque dont l'élément de base est le semi-conducteur et la voie thermodynamique dont le composant principal est un miroir appelé héliostat.

Comme ces filières ne relèvent pas des mêmes branches industrielles, les firmes et leurs stratégies seront donc différentes, selon que l'on se place dans l'une ou l'autre filière. En outre, l'usage électrique qui reste commun connaît des domaines d'application qui ne se recoupent pas toujours. En effet le problème du stockage économiquement trop onéreux dans le photovoltaïque, restreint le champ de cette filière aux faibles puissances.

2.1. - La filière hélio-photovoltaïque

Le principe pour obtenir de l'énergie est l'éclairement par le soleil d'un matériau, généralement un semi-conducteur, convenablement préparé. Ce phénomène physique entraîne la création d'une différence de potentiel et la transformation directe du rayonnement solaire en électricité.

Les avantages de la voie photovoltaïque résultent de l'absence de pièces mécaniques, ce qui facilite l'entretien de l'équipement, tout en lui conférant une très grande longévité. Cet atout est loin d'être négligeable quand on sait que l'énergie solaire est déjà compétitive pour des sites éloignés du réseau électrique et pour lesquels l'approvisionnement en combustible (fuel, gas-oil) est grevé de frais de transport très élevés. Par ailleurs, le faible impact des économies d'échelle permet des constructions de type modulaire, combinant différentes gammes de puissance, particulièrement adaptées aux régions isolées. Cette technologie n'a pas encore atteint le seuil de la rentabilité industrielle, aussi la R.D.D. est-elle encore prédominante.

2.2.1. - Les sous-filières technologiques : caractéristiques technico-économiques

De nombreux semi-conducteurs ont été expérimentés[13], mais actuellement seule la filière au silicium monocristallin est commercialisée. Les coûts ont fortement diminué en l'espace de quelques années (tableau II/1) mais restent encore très en-deçà du seuil de compétitivité. Cependant les mutations technologiques très rapides dans la branche de l'électronique laissent augurer des perspectives de coût encore plus spectaculaires, à titre d'exemple le prix des transistors, pour franchir le seuil de la production industrielle, a été divisé par 100 en une vingtaine d'années et la production multipliée par 100.000 au cours de cette période.

Tableau II/1 - Structure des coûts de production de photopiles au silicium monocristallin (\$/w crêtes) "Dollars constants 1975"

	1976	1978	1980	1982	1984	1986
- Silicium polycristallin	2,01	1,16	0,76	0,28	0,14	0,06
-Découpage	4,18	2,50	1,43	0,67	0,23	0,10
- Fabrication de la cellule	5,97	1,87	1,01	0,58	0,34	0,19
- Matériaux d'encapsulation	0,78	0,22	0,12	0,09	0,07	0,03
- Module assemblé et encapsulé	3,99	1,25	0,68	0,38	0,22	0,12
Prix Prévisions	16,93	7,00	4,00	2,00	1,00	0,50

Source : Jet Propulsion Laboratory - L.S.S.A. Projet, in Soft Energy Notes, July 1979.

S'il est prématuré de se prononcer sur les coûts futurs des autres filières, par contre dans le cas des cellules photovoltaïques, à partir du silicium monocristallin, on peut déjà avancer certains ordres de grandeur. Pour constituer un système commercialisable, ces cellules doivent être assemblées en panneaux. L'analyse des coûts doit donc prendre en considération les différentes étapes qui sont nécessaires pour fabriquer un panneau solaire, c'est-à-dire l'élaboration du matériau, la technologie de la photopile et l'assemblage des panneaux. La structure des coûts de ces trois phases est respectivement de 40 %, 30 % et 31 %^[14]. Une diminution importante des coûts concernerait surtout l'élaboration du matériau (par exemple nouveau procédé de tirage des lingots...) et la technologie de la photopile (formation des contacts et des jonctions). Ces coûts, selon certaines estimations^[15], pourraient être divisés vers les années 1985 par un facteur variant entre 10 et 20 pour la première étape et entre 5 et 10 pour la seconde. Quant à la dernière phase qui est l'encapsulation, les matériaux utilisés (résines siliconiques, plaques de verre, feuilles d'aluminium...) bénéficient déjà de l'effet de masse, aussi une division des coûts par 2 semble une hypothèse optimiste. Selon ces prévisions, des coûts de l'ordre de 15 F le watt-crête sont avancés vers 1985 avec une structure sensiblement différente, les deux premières opérations représenteraient moins de 50 % du coût total du panneau photovoltaïque.

Les objectifs de l'administration américaine sont encore plus ambitieux, en effet le Département américain de l'énergie (DOE) prévoit que le watt-crête fourni par un panneau solaire reviendrait à 0,50 \$ en 1986 (Tableau II/1). Dans ce tableau, on remarque que la distribution des coûts du panneau solaire est assez proche de celle que nous avons donnée soit 37 % pour l'élaboration du matériau, 35 % la fabrication de la photopile et 28 % pour les matériaux d'encapsulation et l'assemblage. Mais les perspectives de baisse de coût, envisagées par le DOE, sont

beaucoup plus optimistes notamment pour l'encapsulation qui ne représenterait en 1986 que 30 % du coût total du panneau solaire.

Les autres sous-filières sont encore au stade de la R.D. D'une manière générale, le coût du matériau des filières à haut rendement (ex : l'arséniure de gallium : Ga As) est très élevé et celui des filières à bas rendement (ex : sulfure de cadmium) relativement faible. La firme IBM a pu atteindre avec le Ga AS des rendements en laboratoire de 22 %, c'est-à-dire nettement supérieurs à ceux obtenus par le silicium monocristallin, mais les cellules au Ga As sont 10 fois plus chères. Une autre voie de recherche consiste à recourir à un système de concentration qui aurait pour effet de diminuer la surface des photopiles, mais ce procédé nécessite l'emploi de photopiles, adaptées à la concentration, dont le coût est beaucoup plus élevé.

2.1.2. - Origine des firmes et stratégies de contrôle des moyens de production

En fonction de l'origine des firmes, on peut repérer deux stratégies différentes dans le processus d'industrialisation de la filière photovoltaïque. La politique des firmes pétrolières est axée sur le contrôle du marché de l'énergie commerciale et l'appropriation des rentes aux différents niveaux des procédés de production et de la circulation. Dans le cas de l'énergie solaire, à défaut de pouvoir contrôler la source d'énergie primaire, la maîtrise des moyens de travail leur permettra de reproduire et de renouveler leur domination dans le secteur de l'énergie. Par contre les firmes des branches de l'électronique et de l'électromécanique qui disposent déjà de rentes technologiques visent plutôt l'extension de leurs activités traditionnelles à la production d'éléments ou d'ensembles solaires photovoltaïques.

a) L'entrée des grandes firmes de l'énergie

La plupart de ces firmes ont privilégié la voie photovoltaïque car les barrières à l'entrée sont relativement élevées et les perspectives de profit à moyen et long termes prometteuses. Grâce à leur surface financière, les firmes de l'énergie peuvent se permettre des investissements dont la rentabilité n'est pas immédiate.

La pénétration de ces firmes a lieu par l'achat de petites et moyennes entreprises hautement spécialisées dans l'électronique et/ou, la création de filiales qui vont acquérir des procédés ou tisser des accords de coopération avec les firmes de l'électronique. La première forme est prédominante comme le montrent les exemples suivants : Shell contrôle la majorité des actions de la firme américaine Solar Energy systems fondée en 1972^[16] ; Atlantic Richfield a acquis en 1977 Solar Technology International donnant ainsi naissance à Arco Solar ; Mobil a constitué en 1974 avec Tyco Laboratories une filiale commune Mobil-Tyco qui a été parmi les premières à mettre au point un nouveau procédé de tirage du silicium ; Exxon par l'intermédiaire de sa filiale Solar Power a créé en 1979 une association avec le groupe Thomson CSF ; la CFP exerce depuis 1976 un contrôle majoritaire sur photon Power petite firme américaine spécialisée dans l'électronique... La firme

qui domine le marché mondial du photovoltaïque, SOLAREX, était à l'origine totalement indépendante, mais depuis 1979, on remarque la prise de participation minoritaire de capitaux allemands et français ainsi que de la firme pétrolière Standard Oil of Indiana.

b) Les groupes industriels des branches de l'électronique et de l'électromécanique

Avec le processus d'intégration des petites firmes de l'électronique par les firmes de l'énergie, seules les grandes firmes continuent à avoir des politiques de développement relativement autonomes. La fabrication de la pile photovoltaïque ne représente qu'une extension de leurs activités classiques.

Aux Etats-Unis, quelques grandes firmes ont commencé à commercialiser des cellules photovoltaïques alors que beaucoup d'autres ont des activités de recherche importantes. Parmi le premier groupe deux firmes, Spectrolab, contrôlée par une grande firme de l'aérospatiale (Hughes Aircraft) et Motorola ont déjà une production significative.

Quant aux autres producteurs potentiels, ils ont évidemment tous comme dénominateur commun l'industrie électronique, mais la structure des produits commercialisés n'est pas la même. On peut notamment relever General Electric et Westinghouse, leaders mondiaux de l'industrie électronucléaire, IBM et Honeywell qui dominent le marché de l'informatique, Bell qui est à l'origine des applications spatiales des cellules photovoltaïques, Texas Instruments...

En France quelques grandes firmes assurent l'essentiel de la R.D. et D. En général, la taille de ces firmes moins importante que celle de leurs homologues américaines les a conduites à des associations qui, dans certains cas, ont donné naissance à des filiales qui préfigurent un processus d'intégration verticale. L'exemple le plus caractéristique est celui de France Photon, filiale paritaire de Leroy Somer (un des premiers producteurs européens de moteurs de petites et moyennes puissances) et SOLAREX^[17]. La concentration du capital opérée par ces deux groupes est un indicateur de la formation d'un marché oligolistique dont l'offre sera de plus en plus caractérisée par des produits solaires intégrés. Par le biais de cette filiale, le groupe LEROY-SOMER aura accès à la technologie de la photopile qui constitue l'amont d'un système de pompage ou d'autres applications^[18]. SOLAREX pourra s'appuyer sur le réseau du groupe LEROY-SOMER et disposer par-là même de nouveaux débouchés pour sa production.

La Compagnie Générale de l'Electricité (CGE), présente dans cette activité par deux filiales^[19], s'oriente également vers la mise au point de produits solaires intégrés grâce à son capital technologique dans les autres segments de l'ensemble et à des accords de coopération. Ainsi, CGE conclut en 1978 un accord avec Rhône Poulenc pour l'élaboration et la fabrication de matériaux à base de silicium ; elle s'est associée avec Sensor Technology (4^e producteur américain de photopiles en 1979) pour la production de cellules au silicium monocristallin et dans

une seconde phase au silicium polycristallin. Jusqu'à présent, la Radio Technique Compelec (RTC, filiale française du groupe néerlandais Philips) reste le premier producteur européen et le deuxième producteur mondial de photopiles. Mais dans le cadre de la stratégie des groupes français, pour occuper une place privilégiée dans l'industrie photovoltaïque RTC a été rachetée par la CGE et Elf (SNEA) qui ont créé la société française des photopiles.

2.1.3. - Production et marché

La quasi-totalité de la production est monopolisée par un nombre restreint de firmes localisées aux Etats-Unis (tab. II/2), en France (RTC et France Photon) et à un degré moindre en RFA et au Japon. La production de photopiles à usage terrestre, insignifiante avant 1974 connaît un taux de croissance très élevé, mais la production reste modeste. Entre 1970 et 1981, la production mondiale de photopiles est estimée à 11,5 MW dont 75 % provenaient des firmes américaines et françaises (tab. II/3).

Tableau II/2 - Part du marché et chiffre d'affaires des firmes américaines en 1978

PRODUCTEURS	FAIT DU MARCHÉ	VENTES (10 ⁶ \$ U.S)
SOLAREX	47%	1,3
SOLAR POWER (EXXON)	18%	2,0
ARCO SOLAR	12%	1,3
MOTOROLA	7%	0,8
SENSOR TECHNOLOGY	6%	0,7
SPECTROLAB (cHughes)	5%	0,5
OPTICAL COATINE	4%	0,4
Mc. GRAW EDISON	1%	0,1

Source : "Solar Energy Magazine" sept. 30-1978 et "Stratégies Un limited" SEIR - 1979.

Tableau II/3 - Ventes mondiales de modules photovoltaïques, 1970-1981 (estimations)

	Capacité de production d'électricité en Kw	Prix en dollars par watt- crête	Valeur totale en dollars courants (millions)
1970-1975	moins de 1.000	50-60	
1976	450		
1977	450	19	8,6
1978	950	14,7	14,0
1979	1450	13,05	19,6
1980	3250	12	39,0
1981	5000 +	10	50,0
Total	11500		131,2

Source : CNUCED "Technologie des sources d'énergie renouvelables Questions concernant le transfert, l'application et le développement de la technologie dans les pays en développement, 1982.

La stratégie commerciale des deux principaux pays producteurs est différente. La France dont le réseau de distribution est très dense, exporte environ 90 % de sa production qui est surtout orientée en fonction des besoins du Tiers-Monde (alimentation de récepteurs de télévision éducative balisés, mais surtout pompage de l'eau). Par contre aux Etats-Unis, du fait du territoire et de la rente de situation due à un meilleur ensoleillement, le marché intérieur est beaucoup plus vaste. Aussi la production est destinée en priorité à satisfaire les besoins internes. Cette orientation n'exclut pas une ouverture sur le marché extérieur, comme l'atteste la filiale de SOLAREX dont le débouché est constitué par les pays d'Afrique et du Moyen-Orient où les capacités d'absorption sont loin d'être négligeables.

2.2. - La filière héliothermodynamique

Jusqu'à présent, on ne peut pas encore parler d'un marché des centrales électrosolaires. Les unités en service ou en projet ne sont que des prototypes destinés par conséquent à tester les différentes solutions technologiques. Cependant d'ores et déjà on peut repérer la stratégie des principales firmes intéressées par le développement de l'héliothermodynamisme.

2.2.1. - Les sous-filières technologiques et la satisfaction des besoins

La production d'électricité par la voie thermodynamique utilise l'énergie thermique obtenue grâce au rayonnement solaire. Le système thermique d'une centrale solaire comprendra un ou plusieurs récepteurs de rayonnement et une machine thermodynamique indispensable à la conversion de l'énergie thermique en énergie électrique.

L'intérêt des firmes pour cette nouvelle forme de production d'énergie sera fonction des technologies requises, c'est-à-dire l'industrie du verre et de l'aluminium pour la réception du rayonnement solaire, l'industrie thermique pour la conversion de ce rayonnement. Deux grandes sous-filières peuvent être distinguées : le cycle moyenne et haute température destiné à une production d'électricité susceptible d'être couplée sur le réseau et le cycle basse température dont l'usage principal est le pompage de l'eau. Il est à remarquer que cette application n'est pas spécifiquement électrique, en effet, en fonction de la puissance et de l'installation, l'énergie sera de type mécanique ou électrique.

En ce qui concerne les centrales électrosolaires, deux voies technologiques utilisant des systèmes de concentration différents, sont développées. Dans les centrales dites à récepteurs distribués, chaque récepteur chauffe une partie du fluide, l'ensemble étant collecté et converti dans une installation thermique centrale. Dans les centrales thermiques à four, un champ de miroirs focalisants et légèrement

orientables concentre les rayonnements sur un récepteur placé en haut d'une tour. Ce type de centrales permet d'obtenir des puissances plus importantes. Néanmoins, même avec une plus grande maturation de la technologie et une baisse des coûts, il existe un palier économique maximum (probablement entre 100 et 200 MWe) car au-delà d'un certain nombre de miroirs le rendement tend à décroître [20].

Même s'il s'agit de petites puissances, la technologie des centrales thermohélioélectriques n'est pas pour autant aisément maîtrisable. Les différents éléments d'une centrale, le système optique (héliostats) et le système thermique (chaudière, stockage, machine thermique) doivent être encore développés avant d'envisager leur diffusion massive. En outre, une optimisation de ces composants est indispensable pour réaliser le meilleur rendement. Les unités déjà réalisées ou en projet montrent une prédominance des centrales à tour dont les puissances sont relativement plus importantes. La gamme inférieure au MWe pourrait être satisfaite par les centrales à récepteurs distribués avec un marché principalement constitué par les pays du Tiers-Monde.

En fonction des puissances, la satisfaction des usages diffère :

- de 50 à 100 KWe, la fonction principale est le pompage de l'eau, pour une durée de fonctionnement de 5 h, l'énergie produite est de 250 KWh à 500KWh ;
- des centrales de l'ordre de 300 KWe pourraient alimenter de petits centres de 5.000 à 10.000 habitants, en concourant à la satisfaction des besoins en éclairage domestique et au pompage de l'eau ;
- des centrales de 600 KWe peuvent être utilisées à la fois pour les usages industriels, l'éclairage public et les usages domestiques [21].

2.2.2. - Le contrôle des moyens de production

En France, le développement de ce type de centrale est assuré conjointement par des institutions publiques de recherche (CNRS-CEA, laboratoire d'héliophysique de Marseille...) et des firmes privées ayant déjà une expérience industrielle dans la conception ou la fabrication de certains éléments de la centrale. Les deux filières (récepteurs distribués, centrale à tour) sont simultanément développées depuis 1976. Si l'exportation est considérée comme prioritaire, la satisfaction des besoins énergétiques internes par les ressources renouvelables revêt aussi une importance stratégique dans la politique française.

Pour les centrales à collecteurs distribués, c'est-à-dire de petite et moyenne puissance, quelques firmes sont plus particulièrement intéressées, notamment Pechiney Uginé Kuhlman (P.U.K.) qui développe des capteurs en aluminium [22], Renault Moteurs Industriels et Bertin pour les systèmes thermiques. Des prototypes de très faible puissance ont déjà été réalisés par le CNRS à l'Université de Provence à Marseille. Mais le projet le plus important est celui de la centrale corse en construction de puissance de 100 KW pouvant être facilement extrapolée à 1 MW. Cette gamme de puissance parfaitement adaptée aux zones rurales des pays du Tiers-Monde illustre l'importance qu'accorde la France à ce marché au cours des prochaines décennies.

Pour des unités de plus grande puissance, il devient indispensable de recourir à des centrales à tour. La technologie mise en oeuvre pour la fabrication de centrales à tour est relativement complexe et couvre plusieurs activités industrielles. Cette industrie est monopolisée par quelques grandes firmes occidentales. Dans le cas de l'Europe, la formation de groupements de firmes de branches différentes, mais en rapport avec l'énergie solaire, permet l'accélération de la R.D. grâce à un soutien financier plus conséquent et une division du travail fondée sur l'accumulation technologique antérieure de chaque partenaire. Ainsi, l'orientation déjà constatée, vers la fabrication de produits solaires intégrés, se trouve renforcée, ce qui risque de placer à l'avenir les pays du Tiers-Monde devant une offre d'un ensemble de marchandises monopolisé par quelques firmes.

En France, la conception et la réalisation des centrales héliothermiques à tour sont en général conduites dans le cadre de Groupements d'Intérêts Economiques (G.I.E.) dont le plus important est le CETHEL [23]. Les firmes qui constituent le CETHEL représentent les principales activités industrielles ou d'études indispensables à la réalisation de ce type de centrales. En effet ce GIE réunit : Saint-Gobain et Pont à Mousson (SGPM) pour la production des héliostats. SGPM possède plusieurs décennies d'expérience dans l'industrie verrière, Fives-Gail-Babcock pour la chaudronnerie lourde et le système thermique tels que : échangeurs, chaudières. Heurtey est l'un des premiers groupes européens d'ingénierie dans le domaine thermique notamment et SERI-Renault Engineering pour l'ingénierie industrielle. Le CETHEL participe à l'ensemble des programmes sur les centrales à tour aussi bien en France que dans les autres pays européens. Le projet le plus important de ce groupement reste la centrale THEMIS (puissance de 2 MW) initiée par le Commissariat à l'énergie solaire (COMES).

Au niveau des institutions communautaires européennes et occidentales, plusieurs projets sont en construction ou déjà achevés, notamment le projet de la CEE d'une centrale solaire de 1 MWe implantée en Sicile et qui sera réalisée par un consortium international regroupant :

- le CETHEL (France) pour la fourniture d'une partie des héliostats, le stockage thermique (de faible capacité) et l'essentiel de l'installation électrique. Les héliostats, qui représentent une part importante du coût total d'une centrale à tour, seront les mêmes que ceux développés à partir de la centrale française THEMIS. On comprend ainsi davantage l'intérêt du CETHEL à la réalisation de ces installations qui auront pour effet d'accroître sa maîtrise technologique.

- Messerschmitt - Bolkow-Blohm GmbH (RFA) pour la fabrication de la moitié du champ d'héliostats et les entreprises italiennes ENEL (entreprise nationale de l'électricité) et ANSALDO.

L'agence internationale de l'énergie (AIE) finance un projet d'une centrale de 0,5 MWe à Alméria (Espagne). Ce pays ayant lui-même un projet national d'une centrale solaire de 1 MWe qui doit être conduit par le centre d'études de l'énergie. Parmi les autres pays, il convient de

relever le Japon où une centrale de 1 MWe a été récemment achevée par Mitsubishi et l'URSS qui semble s'orienter, d'après les études de l'Institut Krijjanovsky, vers des unités de très grande puissance. Mais les Etats-Unis continuent de jouer un rôle de leadership au niveau mondial comme l'attestent les réalisations et projets américains.

Une centrale à tour héliothermique, réalisée pour le compte de l'ERDA (actuellement D.O.E.) d'une puissance de MWe (5 MWth), est en fonctionnement depuis 1978. Cette centrale située à Albuquerque servira à tester les différents équipements et surtout les héliostats conçus par la firme Martin Marietta.

– Une deuxième centrale de 10 MWe est en construction à Barstow dans l'Etat de Californie. La production de cette unité, qui sera la plus importante dans le monde, suffira pour couvrir les besoins d'une agglomération de 8.000 à 10.000 habitants. Ce projet financé par le D.O.E., a mis en concours de grandes firmes américaines des industries électroniques (Honeywell) et de l'aérospatiale telle que Martin Marietta (constructeur des fusées Saturn), Boeing et Mac Donnel Douglas, Honeywell, spécialisé dans l'informatique, était intéressé par la partie électronique, le déplacement du champ d'héliostats pour suivre la course du soleil étant commandé par ordinateur. Les firmes de l'aérospatiale sont davantage concernées par la production d'héliostats dont le coût, pour cette centrale, représente quelque 60 % des dépenses totales. Le projet, retenu en octobre, est celui de Mac Donnel Douglas. Le coût de cette centrale est de l'ordre de 120 à 130 M\$ et le prix du KW installé serait de 10.000 \$^[24]. Si l'on faisait abstraction des avantages de l'énergie solaire (absence de réseau) ce coût serait excessif par rapport au MW installé à partir des sources classiques.

Cette centrale expérimentale représente en fait une première étape pour la conception et la réalisation de grandes unités commerciales d'une puissance de 100 MWe. Le programme que s'est ainsi assigné le D.O.E. pour les années 1985 s'appuiera sur l'expérience technologique de la centrale de Barstow. Une deuxième voie est développée par l'Electric Power Research Institute (EPRI) pour la mise au point de centrales à tour d'une puissance de 100 MWe à partir d'une filière haute température utilisant les cycles thermodynamiques des turbines à gaz. Les héliostats sont actuellement développés par la firme de l'aérospatiale BOEING.

A travers les centrales électrosolaires de grande puissance et les autres filières à haut contenu technologique se dessine un mouvement complémentaire de «complexification» de la technologie et de son appropriation par un nombre restreint de firmes transnationales.

3 - Enjeu et formes de transfert entre le Nord et le Sud

Actuellement l'énergie solaire est présentée comme la panacée pour les pays du Tiers-Monde à cause de leur situation géographique privilégiée. Mais le processus de monopolisation des moyens de production par les grandes firmes des pays capitalistes industrialisés montre que le Tiers-Monde reste perçu comme un nouveau champ de valorisation du capital.

3.1. - Le marché

Les unités solaires déjà vendues aux pays du Sud ainsi que les nombreuses opérations de démonstration montrent que ce marché fait l'objet d'une forte concurrence entre les firmes transnationales notamment celles de l'Europe. En effet; dans ce continent, la densité du réseau électrique et la rente de situation moins favorable qu'aux Etats-Unis constituent des contraintes majeures à un développement à moyen terme de la demande interne de biens d'équipement solaires. Aussi, la stratégie des firmes européennes est-elle orientée prioritairement vers les pays du Sud où la faiblesse de l'infrastructure énergétique joue en faveur d'un système de production décentralisée. Les programmes d'électrification rurale [25] élaborés dans plusieurs pays du Tiers-Monde vont entraîner au cours des prochaines années une augmentation importante de biens d'équipement. Selon des estimations de l'I.I.A.S.A. [26] entre 1973 et 2000, la consommation électrique sera multipliée par six en Afrique et par cinq en Extrême-Orient et en Amérique Latine. Il est actuellement difficile de déterminer la part du marché qui reviendrait à l'industrie solaire. A titre d'exemple, nous donnons une estimation du marché des pays de l'Afrique de l'Ouest pour la période 1980/2000 [27].

– Centrales solaires pour la distribution d'électricité :

• puissance comprise entre 100 et 100 KW	15.000 KW
• puissance inférieure à 100 KW	60.000 KW
• (photovoltaïque surtout)	
• pompes et stations de pompage solaire	21.500 KW
• télécommunications	1.500KW
	<u>98.000 KW</u>

La demande de pompes pour l'irrigation est également appelée à connaître une forte hausse. En Inde plus de 10 millions de pompes doivent être installées dans les deux à trois prochaines décades [28]. Par ailleurs il est prévu, dans le cadre d'un programme de R. et D. des cellules solaires, d'utiliser des cellules photovoltaïque pour 3,5 millions de pompes à eau fonctionnant à l'électricité et 22 millions de pompes à eau alimentées par le diesel [29].

3.2. - Stratégies de pénétration du marché et rapport Nord-Sud

La pénétration des marchés du Sud est soutenue ou parfois initiée par les Etats des pays industrialisés par le biais d'instruments divers tels que subventions, accords bilatéraux, octroi de crédits... L'intérêt que portent les firmes transnationales au marché des pays du Sud est lié aux débouchés potentiels de leur pays d'origine ou de l'espace qu'elles contrôlent. Ainsi pour les firmes américaines, le marché externe n'est pas actuellement considéré comme prioritaire car la demande prévisionnelle interne est suffisamment importante pour permettre un développement de l'industrie solaire. Cependant le D.O.E. [30] dispose d'un groupe de travail pour la commercialisation externe (International Solar commercialisation Working Group) dont l'objectif est à la fois la promotion des exportations et une réduction des coûts à la suite de

ventes massives en dehors des Etats-Unis. Cette situation ne prévaut pas en Europe, où les firmes accordait une importance stratégique aux pays du Sud pour l'industrialisation de leurs filières solaires.

En fonction du niveau de développement relatif des pays du Tiers-Monde, le contenu et les formes de transfert entre le Nord et le Sud revêtent des aspects différents.

a) Avec les pays du Tiers-Monde les plus avancés technologiquement (Inde, Egypte) la coopération est cantonnée dans des créneaux bien délimités. La possibilité est offerte à l'industrie locale de fabriquer une partie importante des biens d'équipement. Cette stratégie est surtout développée par les firmes Ouest Allemandes. Ces dernières collaborent avec l'Egypte pour la conception et la production d'unités de 10 KW appartenant à la filière héliothermodynamique. L'industrie égyptienne bénéficiera d'une aide financière pour la fabrication de biens d'équipement. Un programme conjoint de MBB (RFA) et de la compagnie d'Etat indienne Marat Heavy Electricals Ltd doit déboucher sur la production d'unités héliothermodynamiques de 10 KW de puissance. Dans ce projet, le Ministère Ouest Allemand de la Recherche et de la Technologie (BFMT) a investi \$ 1,3 M (2,5 M D.M.) et la compagnie indienne, \$ 1 M. Les capteurs plans, le système de stockage et le bâtiment seront financés et construits par l'Inde, MBB fournira le générateur. Cette forme de coopération permet à l'Inde d'acquérir les éléments de l'ensemble qu'elle ne domine pas tandis que la firme allemande peut tester son matériel dans un espace géographique représentatif du marché des pays du Tiers-Monde.

b) Avec les pays moins avancés du Tiers-Monde, la coopération prend la forme de transfert d'ensembles marchandises et/ou de réalisations d'entreprises conjointes limitées aux procédés de production banalisés, et dont le capital est souvent contrôlé par les firmes occidentales. Ces relations sont généralement accompagnées d'un transfert financier Nord-Sud dans le cas des pays non pétroliers afin que l'opération soit supportable. Par exemple, au Sénégal, la société Industrielle des Applications Solaires (SINAES), qui compte parmi ses actionnaires la SOFRETES, a bénéficié d'un prêt de 500.000 uc. (2,9 MF)^[31] afin de financer un atelier de fabrication de capteurs utilisés pour les chauffe-eau solaires et les stations thermodynamiques destinées à fournir l'énergie pour l'irrigation de zones rurales isolées.

c) Avec les pays de l'OPEP, la coopération prend la forme de transferts de pétrodollars au profit de centres de recherches publics et des firmes transnationales. C'est ainsi que l'Institut Koweïtien de la Recherche Scientifique est étroitement lié aux Universités américaines qui bénéficient d'une partie des contrats de recherche alloués par cet organisme, le centre saoudien de Consultation et de Recherche Technologique a accordé une subvention de recherche de 5,5 millions de dollars à l'Université de Sydney... Mais le projet le plus important semble être le plan quinquennal pour l'énergie solaire élaboré par une commission paritaire sur la Coopération Economique qui regroupe l'Arabie Saoudite et les Etats-Unis. Dans le cadre de ce programme financé à égalité par les deux parties, le Gouvernement des Etats-Unis a

invité 148 compagnies, dont 4 étrangères à ce pays, à soumissionner pour la construction du plus grand complexe mondial d'énergie solaire qui doit alimenter deux villages saoudiens.

Les problèmes classiques de transfert technologique et/ou de ventes de biens d'équipement se retrouvent dans le cas de l'industrie solaire. En général, les produits sont mis au point dans des conditions qui correspondent aux pays d'origine des firmes occidentales et expérimentés dans des zones tropicales. Des cellules photovoltaïques testées en Afrique par un Institut de Recherche ont vu leur capacité diminuer car le support en caoutchouc des cellules se décomposait sous l'effet de la chaleur. Au Mexique, les pompes installées par la SOFRETES n'ont pas donné les résultats escomptés.

La longue durée de vie de ces installations ne s'est pas vérifiée puisqu'après cinq années d'exploitation, par 13 pompes, une seule est encore opérationnelle [32]. Le Mexique continue ainsi à dépendre d'une technologie étrangère qu'il ne maîtrise pas.

Dans ce contexte, on peut se poser la question de savoir si la mise en oeuvre de l'énergie solaire est une entreprise dont sont déjà exclus les pays sous-développés, ou si les moyens d'un développement relativement autonome de cette industrie peuvent être encore mis en place au sein d'un pays ou d'un espace régional du Tiers-Monde.

En fait, la recherche sur l'énergie solaire dans les pays du Tiers-Monde a été entamée depuis plusieurs années sous la conduite de pays occidentaux qui pouvaient disposer ainsi de conditions d'expérimentation particulièrement favorables. L'existence de cette infrastructure constitue un atout qui est loin d'être négligeable pour le développement de cette industrie.

La plupart des pays sous-développés ont engagé des programmes de recherches dans les différents domaines de l'énergie solaire. Le champ de la R. et D. et son intensité varient en fonction de l'histoire de ces pays et de leur dotation, en ressources énergétiques. Récemment un centre régional sur l'énergie solaire, regroupant quelques pays de l'Afrique subsaharienne a été créé. Dans le cas de l'Algérie, plusieurs structures (ONRS, Universités, Sociétés Nationales) s'intéressent à l'énergie solaire. Mais aussi bien en Algérie que dans la plupart des autres pays du Sud, seules les filières où la technologie est banalisée (chauffe-eau solaire par exemple) pourraient être développées au sein d'un espace national. La maîtrise des filières électrosolaires présuppose une redéfinition des politiques énergétiques internes et une division internationale entre les pays du Sud. Une telle politique permettrait de mettre à profit les potentialités technologiques et industrielles des pays du Sud les plus avancés, l'Inde par exemple, et de valoriser le transfert technologique, en provenance des pays du Nord, dans la production locale ou régionale de biens d'équipement pour la transformation de l'énergie solaire.

Notes

[*] Enseignant. Chercheur au C.R.E.A.

[1] Ces statistiques se rapportent à l'année 1979. Ce fonctionnement de cette unité à pleine capacité devrait permettre la production de 50.000 capteurs (100.000 m²). Source : Technique de l'énergie - Décembre-Janvier 1979.

[2] Total Energie Développement, Total Compagnie Française de Distribution, Total gaz.

[3] La SOFRETTS est une filiale du Commissariat à l'énergie Atomique (CEA) et de la CFP. Par le biais de la Compagnie Française du Raffinage, la CFP dispose d'un pourcentage de contrôle majoritaire (90,44 % en 1978) sur Hutchinson-Mapa.

[4] Source : Rapport annuel de la CFP, 1980.

[5] DIENIC : Direction Industrielle Energies Nouvelles Isolation Chauffage. Elle est devenue opérationnelle depuis 1980. Source : Rapport annuel SNEA, 1980.

[6] Bulletin Mensuel d'Informations SNEA, n° 4 - Avril 1982.

[7] Cet arrêté concerne d'abord les habitations non raccordées à un réseau de gaz naturel à partir du 1er octobre 1980, ce texte s'appliquera à toutes les nouvelles constructions.

[8] Le contenu de ces mesures varie selon les Etats. Pour plus de détails voir S. KHENNAS : "Situation et perspectives de l'énergie solaire" CREA 1980, 123 p. Energie solaire, Actualités n° 104 du 20/02/1982.

[9] Avant la création du COMES en février 1978, cette prime relevait de la Délégation aux Energies Nouvelles.

[10] Décret du 28 août 1979. Les Ministères de l'Environnement et du Cadre de la vie, de l'Industrie, de l'Economie et du Budget sont concernés par ce texte.

[11] Sur 152 sociétés ayant émis des propositions, dix firmes ont été finalement retenues pour bénéficier d'un marché global estimé à 2,6 \$ M.

[12] La Compagnie des Lampes a déjà déposé plusieurs brevets afin de protéger cette nouvelle technologie, par ailleurs un atelier de production pré-industrielle doit être opérationnel en 1979. Source : Rapport annuel THOMSON BRANDT, 1978.

[13] Une publication récente a recensé 228 types de photopiles dont 76 à base de silicium, 47 de composés, comme l'arséniure de gallium, 39 de composés de cadmium, etc... E. BUCHER, Applied Physics 1978 in Revue de l'Energie, mars 1979.

[14] M. RODOT et A. DUPAS : "Les filières de photopiles et leur avenir". Revue de l'énergie, mars 1979.

[15] Ibid.

[16] Récemment Shell et Motorola ont créé une filiale (50/50) commune. Celle-ci doit construire un pilote dans la région de Phoenix qui utilisera la technique des cellules solaires en ruban, développée par Motorola ces dernières années. La compagnie emploierait 100 à 200 personnes. Cf. Energie Actualités, n° 104 du 20/02/1982.

[17] Leroy-Somer a porté sa participation dans France Photon à 70 % et a acquis 15 % du capital de Solarex.

[18] Pompes Guinard, filiale de Leroy-Somer a déjà procédé à l'installation de plusieurs systèmes de pompage solaire de l'eau en Afrique et au Moyen-Orient.

[19] La Compagnie Industrielle des piles électriques (CIPEL) et la société des Accumulateurs fixes et de traction (SAFT).

[20] L'ajustement des héliostats éloignés du récepteur devient imprécis.

[21] La production de chaleur et d'électricité d'origine solaire à moyenne puissance 100 à 1.000 KWe. "Revue de l'énergie, n° 313, mars 1979, p. 218-233.

[22] PUK est une des principales firmes de l'industrie de l'aluminium.

[23] CETHEL signifie construction de centrales héliothermiques.

[24] Science et Vie, n° Hors série "énergie", 1979.

[25] D'après un rapport de la Banque Mondiale, moins de 15 % de la population rurale était reliée à un réseau électrique en 1971.

[26] I.I.A.S.A. : International Institute for Applied Systems Analysis (Vienne).

[27] Science et Avenir, n° 388, juin 1979.

[28] AGARWAL and STANSEL : "Whose solar Power" Earthscan, UNEP, juil. 1979.

[29] Cf. Energie Solaire Actualités, n° 107, 5 avril 1982.

[30] D.O.E : Département de l'énergie.

[31] Cette somme fait partie d'un prêt global de 1.607.000 uc (9,7 MF) accordée par la Banque Européenne d'Investissement à deux Etats ACP, Madagascar et le Sénégal. Industrie et Travaux d'Outre Mer. Janvier 1980.

[32] "Whose Solar Power". Earthscan. UNEP op. cité.