

sciences & avenir

le Soleil des hommes

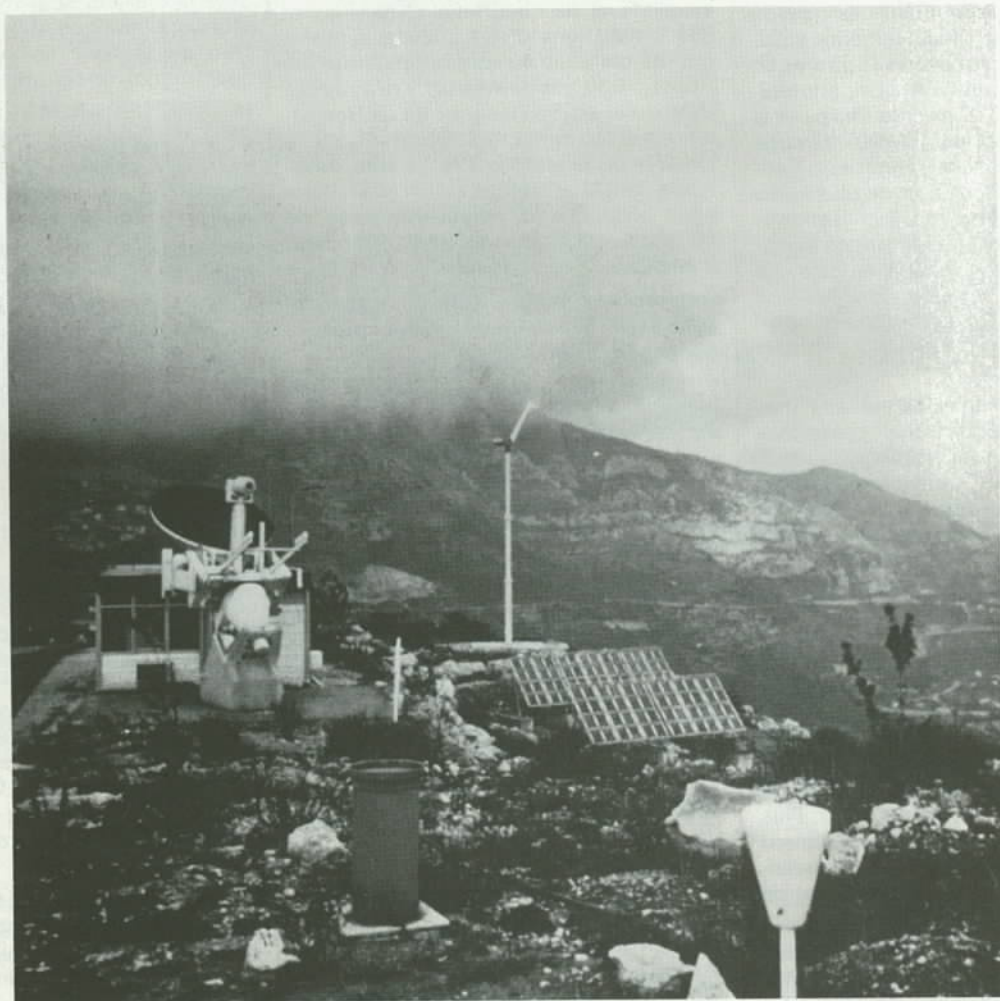


REISER

Le Soleil dans le monde

Marie Farge, Assistante d'Enseignement et de Recherches à l'université de Stanford.

Georges Leclère,



Station de transmission haute fréquence de La Turbie équipée de panneaux solaires couplés avec un aérogénérateur. (Document Délégation aux Energies nouvelles.)

France: un choix national

LA France a depuis le 18^e siècle une tradition solaire qui prend son véritable essor après la Seconde guerre mondiale. En 1949, le CNRS (Centre national de la recherche scientifique) entreprend des recherches solaires à Montlouis, dans les Pyrénées, afin d'aboutir à la construction du grand four solaire de 1 MW/th d'Odeillo. Celui-ci est un outil exceptionnel pour l'étude des métaux et alliages qui peuvent être produits dans des conditions de grande pureté jusqu'à 3 800 °C : c'est avant tout un instrument

de recherche fondamentale. Depuis la crise de l'énergie, on l'utilise également pour tester certains composants des futures centrales solaires, telles la chaudière et la machine thermodynamique. Un dispositif de ce genre a été couplé au réseau EDF le 19 novembre 1976 à titre expérimental ; le rendement obtenu reste faible (8 %) et la puissance délivrée au réseau n'est que de 64 kW.

Le 9 avril 1975, un décret présidentiel créait la Délégation aux énergies nouvelles et nommait Jean-Claude Colli au pos-

te de délégué. L'objectif fixé d'ici à 1985 est d'économiser, grâce aux énergies nouvelles, 2,4 à 4,8 millions de tonnes d'équivalent pétrole, soit 1 à 2 % de la consommation énergétique française, avec en particulier la construction de 12 000 logements (ou équivalent). Cette même année voyait également la création du Groupement interministériel des énergies nouvelles, et la constitution du Comité pour l'énergie solaire, comité consultatif réunissant quinze personnalités scientifiques spécialisées dans ce domai-

ne. Le 2 juillet 1975, la direction du CNRS donnait naissance au PIRDES (Programme interdisciplinaire de recherche pour le développement de l'énergie solaire) et définissait des thèmes de recherche en matière d'habitat solaire, de photopiles, de bioconversion, de stockage de l'énergie et de production d'électricité solaire (projet Them en collaboration avec EDF pour la construction d'une centrale de 3,5 MWe). Depuis 1975, l'énergie solaire est donc devenue un choix national.

Parallèlement aux programmes nationaux de recherche sur l'énergie solaire poursuivis au CNRS, à EDF, au CNES (Centre national d'études spatiales), au CEA et dans différentes universités, plusieurs sociétés privées entreprennent des travaux de développement d'équipements solaires telles les pompes solaires (Sofretes en collaboration avec le CEA). Les photopiles (RTC et le LEP, filiales de Philips et la SAT), les centrales de 1 MWe (Groupe Cethel : Saint-Gobain, Heurtey, Serirenault, Fives-Babcock) et de plus faible puissance (Bertin, PUK, Renault-Moteur...), les seules réalisations tangibles, c'est-à-dire disponibles sur le marché, restent toutefois limitées aux collecteurs, cuisinières, photopiles, pompes solaires et mini-centrales à capteurs plans.

En France, une trentaine de petites entreprises à caractère artisanal produisent des collecteurs et des cuisinières solaires, groupées dans une « chambre syndicale », et deux sociétés commercialisent des photopiles, la SAT pour les applications spatiales et la RTC (Radiotechnique Comelec) pour les applications terrestres. En matière de pompes et mini-centrales solaires, la Sofretes fabrique depuis 1968 des pompes qui fonctionnent par conversion thermodynamique ; vingt-cinq d'entre elles ont déjà été mises en service en Afrique, au Mexique, dans les pays arabes, et trente-six autres doivent être installées en 1977 depuis le Brésil jusqu'aux Philippines (1). Plus récemment, les sociétés Briau et Guinard ont mis sur le marché des pompes solaires qui fonctionnent grâce au courant de photopiles produit par des panneaux.

En matière d'habitat solaire, la France, depuis 1967, s'est distinguée pour ses recherches sur les maisons solaires type passif (c'est-à-dire n'ayant recours à aucune pompe pour faire circuler le fluide caloporteur, air ou eau) grâce aux travaux de Félix Trombe sur le mur solaire qui porte son nom. Félix Trombe, chercheur au CNRS, à qui l'on doit déjà le four solaire d'Odeillo, construit la première

(1) Les capacités les plus importantes concernent l'installation de San Luiz de la Paz au Mexique (33 kWe) et l'installation prochaine à Diré au Mali (80 kWe) qui assurera à la fois deux programmes par jour de 900 m³ d'eau et l'approvisionnement en électricité d'un complexe touristique.

(2) Plusieurs opérations nouvelles ont été lancées à l'initiative du ministère de l'Équipement et du « Plan Construction » qui finance des études sur l'habitat solaire.

maison française chauffée à l'énergie solaire. Il en réalisa plusieurs autres par la suite, toujours à Odeillo, en collaboration avec l'architecte Jacques Michel (2). De son côté, EDF poursuit différentes recherches sur les maisons solaires au centre des Renardières, près de Fontainebleau, et a déjà construit dix maisons solaires, cinq à Aramon, dans le Gard, et cinq au Havre, en vue de tester leurs performances et leur rentabilité. Grâce aux subventions accordées par la Délégation aux Énergies nouvelles et par l'Agence pour les économies d'énergie, l'utilisation de l'énergie solaire commence à se développer sensiblement pour les équipements publics. En septembre 1976, 32 installations de chauffage, 7 piscines et 838 installations d'eau chaude sanitaire ont été réalisées ou sont en construction (dont 830 logements, prévus à Villeneuve-les-Salines près de La Rochelle). Ce programme très important reflète l'intérêt porté par les Français au développement de l'énergie solaire dans l'habitat, secteur qui représente près de 40 % de la consommation française d'énergie.

Recherche : quatre axes de recherche définis par Jean-Claude Colli, pour la période 1975-1980 :

- Habitat solaire aussi bon marché que possible ;
- Pompes et mini-centrales solaires pour exporter dans les pays en voie de développement ;
- Photopiles au coût le plus bas ;
- Centrales solaires 300 kWe à 3 MWe ; calculs et construction de prototypes.

L'organisation de la recherche solaire en France est à caractère essentiellement pluridisciplinaire, ce que Jean-Claude Colli définit de la façon suivante : « *Plutôt que de créer un institut pour l'énergie solaire, nous préférons utiliser les ressources humaines actuellement intéressées à l'énergie solaire dans différents laboratoires existants : nous ne voulons pas faire une cathédrale administrative !* »

I. — LE PIRDES

Le PIRDES (Programme interdisciplinaire pour le développement de l'énergie solaire), défini par le CNRS, suit très exactement cette politique car il coordonne les recherches de cent cinquante chercheurs appartenant à différents laboratoires : CNRS Paris, CNRS Odeillo, CNRS Toulouse, laboratoire d'héliophysique de Marseille, CNRS Nice — en collaboration avec plusieurs universités : Paris-VI, Paris-VII, Orsay, Poitiers, Montpellier, Marseille, Lyon, Strasbourg, le Conservatoire des Arts et Métiers de Paris et des centres de recherches : CEA, EDF, INRA (Institut national de la recherche agronomique), CNES (Centre national d'études spatiales).

Thèmes de recherche

1. ATP (Actions thématiques programmées) : habitat solaire, conversion thermodynamique, conversion photovoltaïque, photosynthèse et bioconversion, stockage chimique, analyse socio-

économique, bilan radiatif et thermique de l'atmosphère.

2. Actions spécifiques : maisons solaires passives (Félix Trombe), bancs d'essai d'Odeillo (four solaire), centrale Them (3,5 MWe en collaboration avec EDF Chatou), centrale Thek (100 à 1 000 kWe), générateur photovoltaïque à concentration, modélisation du secteur énergie incluant l'énergie solaire, étude de l'implantation de l'énergie solaire dans les pays subtropicaux, évaluation du « gisement solaire ».

3. Accords avec l'étranger, accords conclus par le CNRS avec l'Iran et l'Algérie et accords gouvernementaux avec le Brésil et l'Égypte pour la collaboration scientifique dans le domaine de l'énergie solaire et éventuellement la construction de centrales solaires.

II. — PROGRAMME EDF

• Centre de Chatou : étude de la centrale Them 3,5 MW (en collaboration avec le CNRS) ; test d'un bassin solaire conçu et réalisé par la société Cicero ; calcul de systèmes à concentration cylindro-parabolique.

• Centre des Renardières : modélisation de capteurs plans ; tests de capteurs plans ; études sur l'habitat solaire.

III. — PROGRAMME CEA

• Centre de Saclay : études des capteurs plans pour la conversion thermodynamique (en collaboration avec la Sofretes) ; modélisation numérique (programme Capsol pour les capteurs et programme Orient pour l'habitat solaire et les systèmes de conversion thermodynamique) ; tests de capteurs en simulateurs et tests de moteur sur boucle ; étude de modules de 200 kWe pour centrale solaire à concentration (en collaboration avec la société Bertin) ; réfrigérateur solaire à absorption ; production d'hydrogène à partir du rayonnement solaire au moyen de semi-conducteurs (TiO₂).

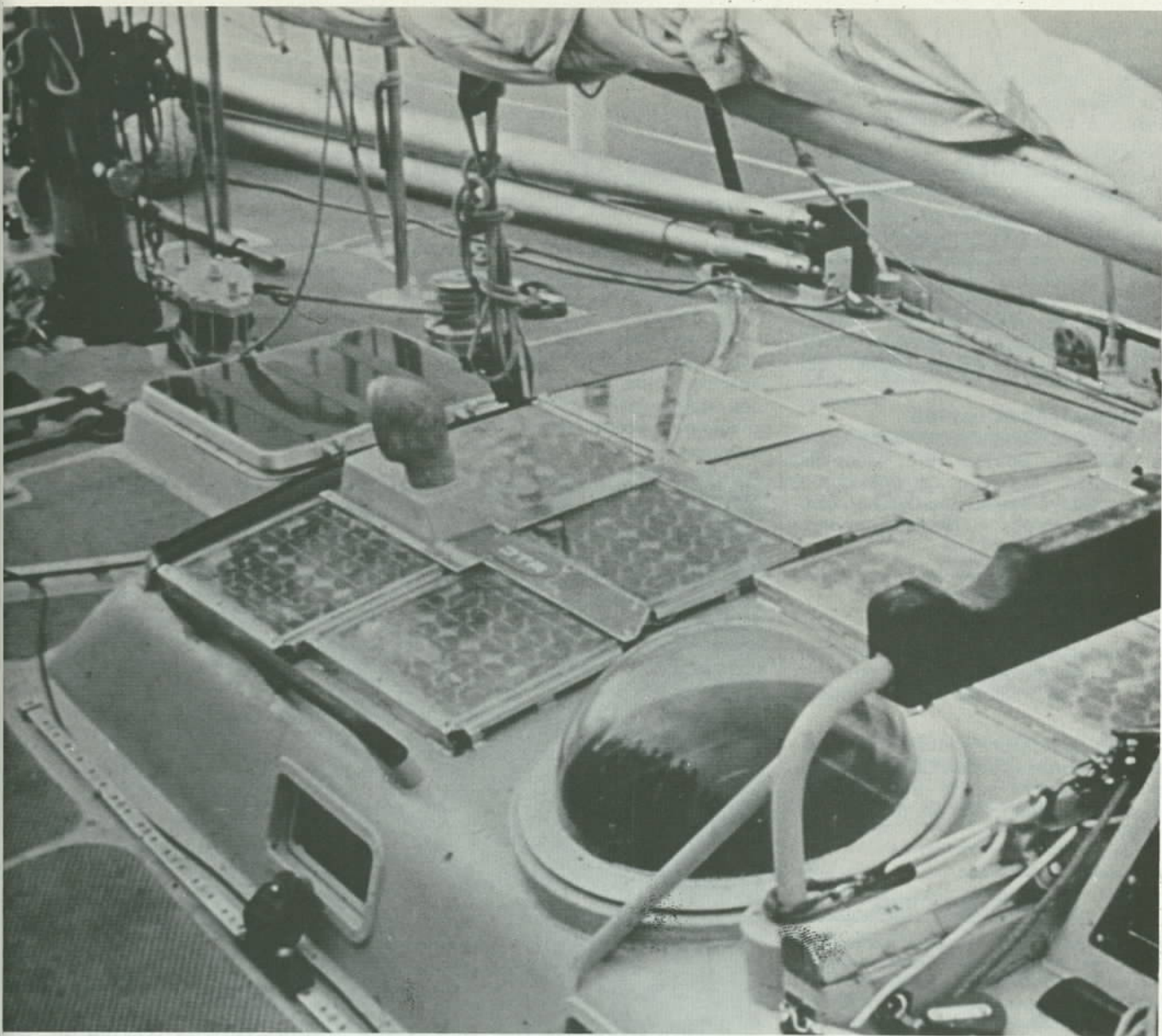
• Centre de Grenoble : étude des couches sélectives (oxyde de cuivre et noir de chrome).

• Centre de Cadarache : test d'une installation de 320 m de capteurs à couche sélective ; en projet, réalisation d'un prototype de centrale solaire de 50 m² délivrant environ 2 kWe.

IV. — PROGRAMME CNES, LEP, RTC, SAT

Objectifs : prix actuel des photopiles 10 000 F/m² pour 100 W/m², soit 100 F/W ; d'ici à 1980, réduire le coût à 3 000 F/m², soit 30 F/W ; d'ici à 1985, réduire le coût à 300 F/m², soit 3 F/W ; d'ici à 1990, réduire le coût à 100 F/m², soit 1 F/W.

Thèmes de recherches : photopiles en silicium monocristallin rendement 10 % (LEP, RTC) ; sulfure de cuivre Cu₂S et sulfure de cadmium CdS en couches minces (SAT, CNES, en collaboration avec le CNRS), rendement 5 à 7,5 % mais bon marché ; silicium polycristallin, rendement 10 % mais meilleur marché (LEP) ; tellure de cadmium CdTe et arséniure de gallium utilisables avec un



Le voilier TAP Express qui participe à la course Saint-Malo - Le Cap - Rio de Janeiro - Dakar fut le premier voilier de compétition entièrement alimenté en énergie électrique par un générateur solaire. (Document RIC.)

rayonnement solaire même concentré ; hétérojonctions GaAs—AlAs, rendement de 23 %, le meilleur jamais obtenu mais très cher.

V. — RECHERCHE INDUSTRIELLE

- Pompes, réfrigération et petites centrales solaires (Sofretes en collaboration avec le CEA) ; bassin solaire Cicero en collaboration avec EDF ; autres recherches dont nous n'avons pas encore eu connaissance... Projets retenus dans le cadre de l'appel d'offres lancé par Jean-Claude Colli pour la construction de deux centrales de 100 Kwe à 1 MWe.

- Projet Cethel (Saint-Gobain-Pont-à-Mousson, Fives Babcock, Séri-Renault et Heurtey) d'une centrale à collecteurs paraboliques distribués.

- Projets Bertin et PUK en collaboration avec le CEA et EDF d'une centrale à collecteurs cylindro-paraboliques.

Réalisations

I. — HABITAT SOLAIRE

1969 : deux maisons solaires à Odeillo

dans les Pyrénées (Félix Trombe, Jacques Michel et le CNRS). 1977 : trois pavillons à Saint-Quentin, dans l'Aisne (professeur Missenard). 1976 : cinq maisons à Aramon, dans le Gard (MM. Chouleur, Alexandroff et Michel et EDF). 1976 : cinq maisons au Havre, en Seine-Maritime (MM. Blanc, Chouleur et Alexandroff, licence EDF et ANVAR). 1975 : groupe d'appartements le « Petit Collectif », à Odeillo, dans les Pyrénées-Orientales (MM. Trombe et Michel et CNRS). 1976 : piscine solaire et centre de tests de capteurs à Méjannes-le-Clap, dans le Gard (M. Présenté). 1977 : école des Mines d'Alès, dans le Gard (M. Sage, ELF Solaire et le COSTIC). 1977 : piscine solaire « La Paillade », à Montpellier (MM. Liébard et Pereira et le Plan construction). 1977 : dix pavillons type HLM à Blagnac, près de Toulouse. 1976 : école maternelle de Carbonne, dans le Gers. 1977 : foyer de personnes âgées de Perpignan (M. Job et ELF solaire). 1974 : pavillon solaire à Viarnes, dans le Val-

d'Oise (M. Missenard). 1977 : soixante et un appartements à Nyons, dans la Drôme (M. Lainville et l'AEE). 1976 : école maternelle de Seez, en Savoie (M. Mercier et la DEN). 1977 : huit cent trente-quatre appartements dans la ZUP de Villeneuve-Salines, près de La Rochelle (MM. Chesrais et Giordano et la DEN). 1977 : seize appartements HLM à Rousset, dans les Bouches-du-Rhône (MM. Blanc et Padlewski). 1977 : cinquante appartements à Saint-Mandé (CSTB). 1977 : cinéma *le Colisée*, sur les Champs-Élysées, à Paris (MM. Roz et Chauvelin et la société Gaumont). 1977 : quinze pavillons HLM à Trèbes, dans l'Aude (M. Catanèse, la SOFEE et le Plan Construction). 1977 : hôtel des impôts à Salon-Provence (AEE et ministère des Finances). 1978 : quarante appartements et une caserne de pompiers à Carcassonne (M. Catanèse et le COSTIC). En construction : cinquante-trois logements HLM dans la ZUP nord d'Avignon (M. Guichard, l'École supérieure des ingénieurs

de Marseille et la DEN) ; douanes du Boulou dans les Pyrénées-Orientales (DEN) ; centre hospitalier et universitaire de Montpellier ; piscine solaire « La Pailade » à Montpellier (énumération non exhaustive).

II. — COLLECTEURS SOLAIRES

Une trentaine de petites entreprises françaises produisent des collecteurs et cuisinières solaires à des prix allant de 300 à 600 F/m². Les principaux sont : la SO-FEE (Perpignan), Giordano (Vallauris), Helibat (Fontenay-sur-Loing), Paturle (Vallauris), Sofretes (Montargis), Scopsol (Paris), Solarinox (Les Milles), Thermisol (Toulouse), Coulet (Digne), ELF (Paris).

III — POMPES SOLAIRES

1. Systèmes thermodynamiques de 1 kW à 1 000 kW : Sofretes 1977 ; vingt-cinq installations en Afrique, au Mexique et dans les pays arabes ; trente-six en commande en Afrique, au Mexique, au Brésil et aux Philippines.

2. Systèmes photovoltaïques : Briau (Tours), Guinard (Courbevoie).

IV. — Photopiles

1. Pour applications terrestres : photopiles au silicium monocristallin produites par RTC, la Radiotechnique Compélec (Paris).

2. Pour applications spatiales : photopiles au sulfure de cuivre et sulfure de cadmium produites par la SAT, Société anonyme des télécommunications (Paris). M.F.

Pour en savoir plus

Si vous voulez en savoir plus sur l'énergie solaire et ses applications en France, adressez-vous à la DEN (Délégation aux Energies nouvelles), 13, rue de Bourgogne, 75007 Paris (tél. : 550-32-50), au SDIEN (Service de Diffusion de l'Information sur les Energies nouvelles), 28, rue de la Source (tél. : 520-56-04), à l'AAE (Agence pour les Economies d'Énergie), 30, rue Cambonne, Paris-15^e, tél. : 578-61-95, au Plan construction (ministère de l'Équipement), 2, avenue du Parc-de-Poissy, Paris-16^e, tél. : 524-52-32, l'AFEDES (Association française pour l'Étude et le Développement des Applications de l'Énergie solaire), 28, rue de la Source, Paris-16^e, tél. : 224-59-35, ou à l'IFCE (Institut français des Combustibles et de l'Énergie), 3, rue Henri-Meine, Paris-16^e, tél. : 647-41-23 qui dispose d'une bibliothèque spécialisée sur l'Énergie solaire.

Si vous nourrissez l'espoir de vous chauffer à l'énergie solaire, sachez que par décret du 29 janvier 1975, vous pouvez bénéficier d'une déduction fiscale dans la déclaration de vos revenus (dans la limite de 7.000 F + 1.000 F par personne à charge) pour les dépenses que vous aurez effectuées concourant aux économies d'énergie, si et seulement si il s'agit de votre résidence principale et à condition que sa date de construction soit antérieure au 1^{er} mai 1974.

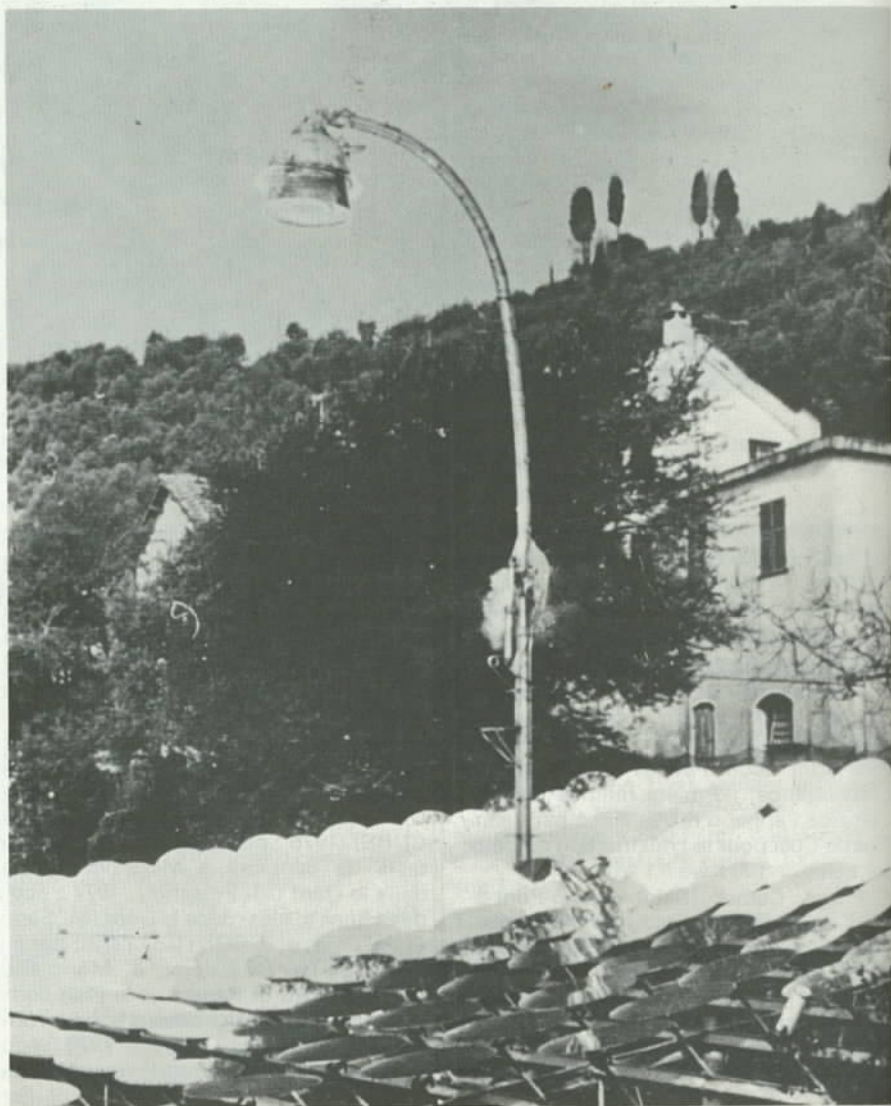
Les collectivités locales peuvent solliciter le financement à 50 % des projets utilisant l'énergie solaire (piscine, écoles, stades...) à condition que ceux-ci soient des actions de démonstration pouvant servir d'exemple ; les dossiers doivent être soumis à la DEN (Délégation aux Energies nouvelles) et à l'Agence pour les Economies d'Énergie.

Italie: pas de programme national

CONTRAIREMENT à la plupart des pays s'intéressant à l'énergie solaire, l'Italie ne s'est pas encore dotée d'une infrastructure de recherche solaire organisée : tout est laissé à l'initiative personnelle, sans même un soutien financier. Alors si ce n'est pas l'affaire des gouvernants ou des industriels, l'énergie solaire intéresse quand même quelques « bricoleurs » qui arrivent tant bien que mal à financer leurs expériences avec des crédits universitaires. Le plus célèbre d'entre eux est le professeur Giovanni Francia de l'université de Gênes qui, depuis 1962, développe de petites centrales solaires à concentration produisant de la vapeur pressurisée à 550 °C et 15 atmosphères. Le champ de collecteurs se compose de « miroirs de barbières » qui concentrent le rayonnement

sur une chaudière. Le système de poursuite du soleil est contrôlé par une vieille horloge de clocher tandis que des chaînes de bicyclette assurent la transmission du mouvement aux miroirs ! La société d'électromécanique Ansaldo vient d'acheter le brevet au professeur Francia en vue de réaliser d'autres prototypes de plus grande taille et en espérant bien pouvoir un jour le commercialiser.

Cette même centrale à également séduit les experts de la Commission européenne de Bruxelles : dans le cadre de son programme solaire, la CEE vient de décider de financer (pour moitié) la construction d'une centrale européenne de 1 MWe devant être réalisée en Italie sur ce même modèle ; il suffit d'y adjoindre une turbine pour produire de l'électricité à partir de



Projet de centrale solaire du professeur Francia. (Document Palz - Délégation aux Energies nouvelles.)

la vapeur sous pression. En Italie, la CEE finance déjà le centre Euratom d'Ispra où des recherches sont actuellement en cours sur l'optimisation des collecteurs solaires.

Recherche : pas de programme solaire national.

Thèmes de recherche : distillateurs, collecteurs, conversion photochimique, centrale solaire produisant de la vapeur à 550 °C pressurisée à 15 atmosphères

(rendement thermique 65 %), à laquelle on peut coupler une turbine (rendement 25 %), pour produire de l'électricité (rendement global 16 %).

Principales réalisations : depuis 1953, fabrication artisanale de pompes solaires de petite puissance. Fabrication des petites centrales solaires étudiées par le professeur Francia par la société Ansaldo à Gênes.

M.F.

Allemagne Fédérale: un produit d'exportation



Maison solaire construite à Aix-la-Chapelle (R.F.A.). (Document PALZ. Délégation aux Energies nouvelles.)

L'ALLEMAGNE voit dans l'énergie solaire un nouveau domaine de production, particulièrement adapté à l'exportation. En Allemagne, elle est déjà entre les mains des grands trusts industriels : Bölkow Blohm, Man, AEG Telefunken, Brown Boveri, Philips... Leurs objectifs : l'habitat préfabriqué et l'électricité solaire par photopiles ou centrales thermodynamiques (deux projets de 10 kW par Dornier et Messerschmidt).

Les Allemands savent que, compte tenu du faible ensoleillement dont ils disposent, de leur forte densité de population et de leur besoin de grandes puissances, l'énergie solaire, dans l'état actuel de la technologie, n'est pas pour eux. Toute-

fois, ils ne renoncent pas à la développer car ils connaissent l'importance de son marché potentiel dans les pays en voie de développement, où les conditions sont, en revanche, idéales : fort ensoleillement, population dispersée, manque d'équipement (électricité, moyens de transport et besoins en énergie réduits). Ils ne sont pas sans avoir remarqué également que parmi ces pays dits sous-développés figurent les pays arabes, clients rêvés car riches en soleil et en pétrodollars !

L'Allemagne participe également au programme solaire de la Communauté européenne et à celui de l'Agence internationale pour l'énergie.

Recherche : la recherche est supervisée par le ministère de la Recherche et de la Technologie et l'Organisation pour la recherche sur l'énergie qui consacrent un budget d'environ 40 millions de F à l'énergie solaire.

Il existe des centres de recherche spécialisés : Institut pour la technique des systèmes et l'innovation, Karlsruhe ; Institut pour les techniques de l'énergie, Wolfsschlungen ; Centre européen (Euratom), Jülich ; Institut des techniques solaires, Stuttgart.

Thèmes de recherche : chauffe-eau, habitat, caloducs, stockage, photosynthèse, photopiles, photodiodes, deux centrales de 10 kW (Dornier et Messerschmidt).

M.F.

Royaume-Uni: beaucoup d'espoir

BIEN que pauvres en soleil, les Anglais ne manquent pas d'initiatives en matière d'énergie solaire. L'Angleterre compte aujourd'hui plus de trente entreprises fabriquant et commercialisant des collecteurs solaires, totalisant ainsi une production annuelle de 20 000 m² ; la moitié est installée dans le Royaume-Uni, tandis que le reste est exporté en Europe, au Moyen-Orient, en Afrique et en Amérique latine. Cette profusion d'entreprises solaires est d'autant plus surprenante que ni celles-ci ni leur éventuels clients ne bénéficient de la moindre subvention ou exemption fiscale de la part de l'Etat, comme c'est le cas aux Etats-Unis, en France et en Allemagne fédérale.

Depuis ses débuts en 1947, la recherche solaire anglaise est l'affaire des universitaires (à Cardiff, Londres, Reading, Brighton) et des industriels. Toutefois, le gouvernement anglais vient de voter en février dernier un crédit de 6 millions de livres sterling (54 millions de francs) consacré au développement de l'énergie solaire au cours des quatre prochaines années. Les grands axes de recherche sont avant tout l'habitat et l'aide au pays en voie de développement pour le séchage, la distillation, les pompes solaires, la production de vapeur et celle d'électricité. En matière d'aide au pays en voie de développement, le docteur Schumacher, auteur du best-seller *Small is beautiful*, a créé, il y a douze ans à Londres, un groupe particulièrement intéressant, association sans but lucratif consacrée à l'étude et au développement des technologies intermédiaires. Ce sont des technologies suffisamment simples pour être développées localement avec des matériaux traditionnels (bois, terre cuite, brique...). Après s'être plus particulièrement

intéressé à la production de méthane, à partir de déchets, et au pompage de l'eau par éolienne, ITDG vient de créer en février 1977 un groupe consacré aux applications de l'énergie solaire pour les pays en voie de développement. En juillet 1977 se tiendra à Londres la Conférence internationale sur le technologie des bâtiments solaires. L'Angleterre est membre de l'ISES (International Solar Energy Society).

Les principaux thèmes de recherche menées par l'université et l'industrie (Electrical Research Association) sont les suivants : mesures du rayonnement, chauffage solaire, réfrigération, distillation, séchage, conversion mécanique et électrique, analyse de systèmes par ordinateur, caloducs. **Principales réalisations** : en 1976, trente fabricants de collecteurs dont cinq font de la production de masse. Huit maisons solaires ont été construites. Un immeuble solaire est en projet à Barnet dans la banlieue de Londres.

M.F.

Israël: pour se passer de l'or noir

DEPUIS près de vingt ans, les Israéliens ont entrepris des recherches de haut niveau sur les applications de l'énergie solaire, avec en particulier: les bassins à gradient de sel (l'eau très salée au fond du bassin pouvant atteindre des températures de l'ordre de 120 °C sans s'évaporer permet d'actionner une machine à vapeur pour produire de l'électricité dont le prix de revient est estimé à 10 centimes/kWh) mis au point par le professeur Harry Tabor, sommité internationale en la matière. Israël a été également un des tout premiers pays avec le Japon à utiliser très largement les chauffe-eau solaires : les toits de Jérusalem en sont couverts... En 1974, 100 000 chauffe-eau solaires étaient en service, ce qui économisait à Israël plus d'un million de dollars par an sur ses importations de combustibles. Israël comprend des zones arides et désertiques très fortement ensoleillées, tel le désert du Néguev, où l'on développe actuellement de nouvelles techniques de cultures (irrigation au goutte à goutte) auxquelles l'énergie solaire pourrait apporter une contribution très importante : pompage de l'eau, épuration, désalinisation, culture d'algues... Dès 1963, les Israéliens ont installé à l'Institut du Néguev de Beersheba une centrale solaire à faible concentration (collecteurs cylindro-paraboliques) produisant de la vapeur à haute température. Israël s'intéresse également aux photopiles, en particulier type CdS (sulfure de cadmium) : le phare du détroit de Tiran est

d'ailleurs alimenté par celles-ci. Comme tous les pays abondamment pourvus en soleil, Israël s'intéresse également à l'habitat solaire, à la production d'électricité et à celle d'hydrogène, d'origine solaire, sources d'énergie nationales qui pourraient bientôt se substituer au pétrole.

Thèmes de recherche : chauffe-eau (tôles galvanisées avec surface sélection) ; cuisinières solaires (Harry Tabor a offert gratuitement son brevet aux pays sous-développés qui désiraient les fabriquer localement, mais aucun n'a accepté car le prix de revient, 60 FF, est encore trop élevé par rapport aux revenus des utilisateurs et les cuisinières ne sont pas encore adaptées à leurs habitudes culinaires) ; turbogénérateurs (5 ch utilisant un fluide lourd, la monochlorobenzène pour le cycle thermodynamique) ; bassins solaires (pour exploiter l'énergie solaire à grande échelle afin de produire de l'électricité estimée à 10 centimes le watt/heure, du sel à environ 40 F par tonne et de l'eau potable) ; culture d'algues, production de méthane, de combustibles liquides et d'hydrogène ; épuration et désalinisation de l'eau ; photopiles (CdS), habitat solaire et mesures du rayonnement solaire.

Principales réalisations : Les chauffe-eau solaires et les turbogénérateurs sont produits industriellement et largement en Israël. Mais en fait, les turbogénérateurs, bien que conçus par Harry Tabor pour fonctionner à l'énergie solaire, sont actuellement utilisés avec des combustibles fossiles dont le prix de revient reste encore moins cher que celui des collecteurs solaires. Toutefois, en cas de hausse excessive du prix du pétrole, ceux-ci peuvent sans problème être utilisés avec une source chaude solaire, il suffira d'y adapter un isolateur.

M.F.

Iran: un nouveau pétrole

LE contexte iranien est idéal pour le développement de l'énergie solaire : l'ensoleillement y est un des plus forts du monde (3 600 heures par an avec des pointes jusqu'à 9 kWh/m²), à part le Nord qui est industrialisé, tout le reste de l'Iran est sous-développé et tenu dans l'isolement, sans moyens de transport, ni électrification, de plus les ressources financières de l'Iran sont aujourd'hui très importantes. A partir de ces données, deux voies s'ouvrent à l'Iran :

1. Le développement des régions isolées en leur apportant de l'électricité solaire, des séchoirs, des distillateurs et des pompes solaires ainsi que des téléviseurs et appareils de radio fonctionnant sur photopiles. Cette solution est beaucoup

moins coûteuse que la mise en place d'un réseau national d'électrification.

2. La construction de plusieurs centrales solaires de grande taille dans les zones désertiques. Celles-ci pourraient par exemple produire de l'hydrogène par électrolyse de l'eau, combustible qui serait ensuite acheminé par pipe-lines ou bateaux vers la clientèle occidentale. Ainsi l'hydrogène remplacerait-il tout naturellement le pétrole et aurait de plus l'avantage d'être inépuisable.

L'Iran et les pays arabes, en général, maintiendraient donc à jamais leur rôle de fournisseur de combustibles du reste du monde. Laquelle de ces deux voies, ou les deux à la fois, l'Iran choisira-t-elle ? Il est trop tôt pour savoir. Contrairement à d'autres pays tropicaux d'Afrique et d'Asie, l'Iran ne s'est intéressée à l'énergie solaire que récemment avec, en 1969, la création d'un groupe de recherche sur l'énergie solaire à l'université Pahlavi de Shiraz et, en 1975, celle du MERC (centre de recherche sur le matériel et l'énergie) à Téhéran, avec lequel le CNRS français vient de conclure un accord pour la mise au point d'une petite centrale de 10 à 100 kW. L'Iran vient également d'acheter deux pompes solaires de 1 kW chacune à la société française Sofretes, leader mondial dans ce domaine.

Recherche : Recherche solaire coordonnée par le Conseil pour la recherche et le développement de l'énergie solaire.

Thèmes de recherche : Recensement du gisement. Chauffage et climatisation des immeubles. Applications industrielles et climatisation des immeubles. Applications industrielles (production de vapeur...). Désalinisation de l'eau du golfe Persique. Electricité solaire petite échelle 10 à 100 kW (en coopération avec le CNRS). Photopiles en vue de la production de fuels transportables. Production d'hydrogène à partir de l'énergie solaire. Cuisinières et autoclaves solaires (stérilisation des instruments médicaux). Electricité solaire grande échelle, centrales héliothermiques de 1 à 10 MW.

Réalisations : Jusqu'à présent, il n'existe aucune production industrielle d'équipements solaires en Iran. Cela s'explique par des moyens locaux (en hommes et en machines) limités, l'Iran préfère acheter à l'étranger des produits manufacturés plutôt que de les produire elle-même.

M.F.

Sénégal: les premiers pas

CONTINENT baigné de soleil, l'Afrique s'est intéressée à l'énergie solaire bien avant les pays occidentaux, sensibilisés que récemment à cause de la crise de l'énergie. Depuis 1955, M. Moumouni, scientifique formé en France à Odeillo et en Union soviétique, développe au Niger et au Mali un programme solaire ambitieux allant de la



Pompe solaire Sofretes installée au Sénégal (Médina Dakhar). D'une puissance d'un kilowatt, elle alimente le village en eau. (Document Sofretes.)

cuisinière au moteur solaire en passant par les photopiles pour la télévision solaire. Mais la figure marquante de l'énergie solaire sur le continent africain a été sans nul doute le professeur Masson, doyen de l'université de Dakar et fondateur de l'Institut de physique météorologique,

aujourd'hui décédé. M. Girardier aujourd'hui directeur de la Sofretes, société française fabriquant et exportant des pompes solaires vers la plupart des pays en voie de développement, a travaillé pendant plusieurs années avec lui à Dakar, au titre de la coopération scientifi-

Batterie solaire installée en 1968 au Niger pour permettre aux enfants de suivre sur un téléviseur un programme scolaire. L'énergie est fournie par un générateur solaire équipé de six modules RTC-BPX 47 qui fournit les 36 watts nécessaires au téléviseur. (Document Télévision scolaire du Niger-ORTF.)

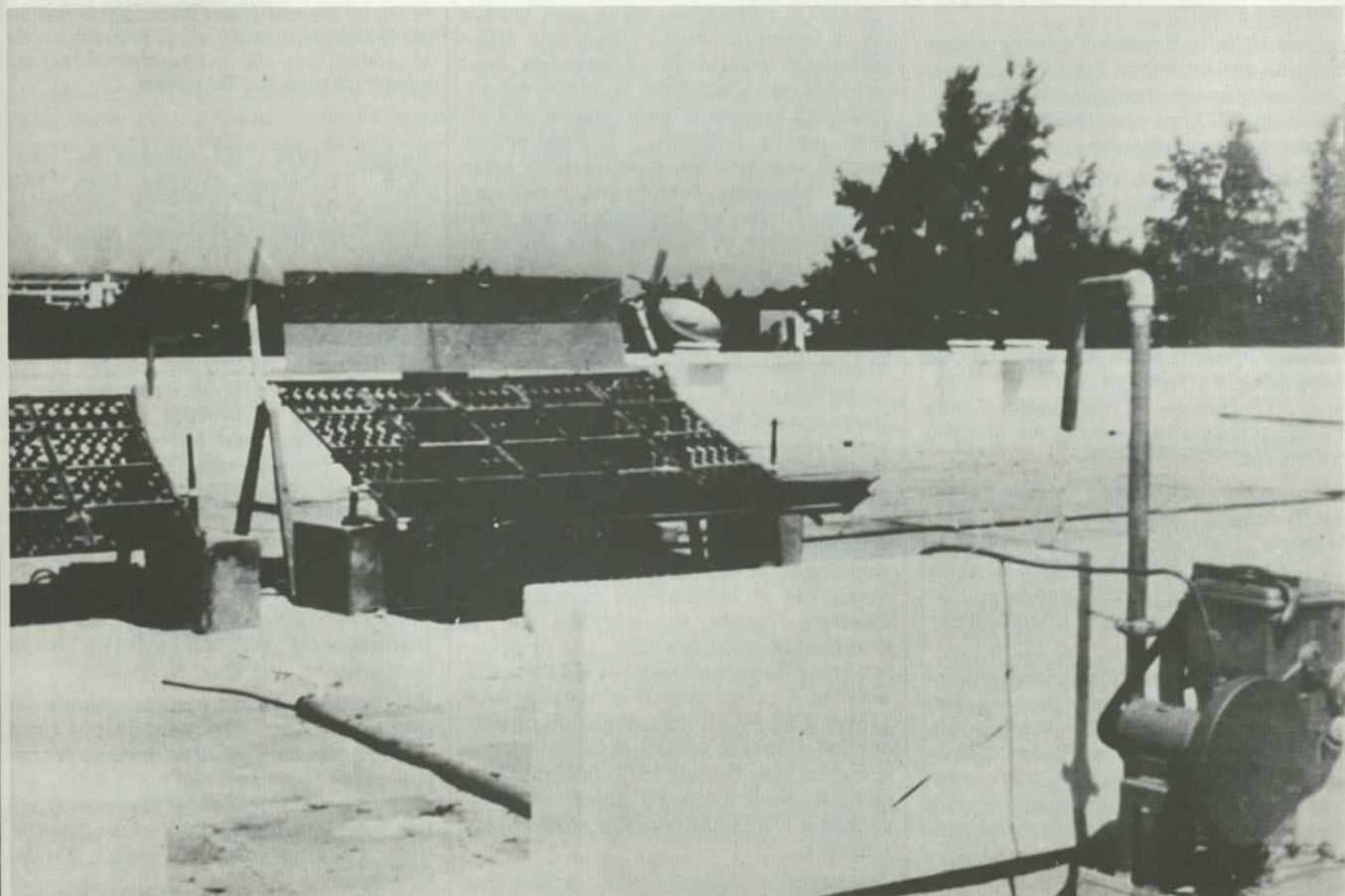
que. Aujourd'hui la Sofretes a installé au Sénégal six pompes solaires d'1 kW chacune et une pompe de 60 kW est actuellement en cours d'étude pour le village de Bakel.

A la suite des travaux de l'équipe du professeur Masson, le gouvernement sénégalais s'est intéressé à l'énergie solaire et, très récemment (fin 1976), le ministre sénégalais de l'Industrie vient de créer la Sinaes, Société industrielle nationale pour les applications de l'énergie solaire, premier pas vers le développement industriel de cette forme d'énergie au Sénégal.

Recherche : Depuis 1957 : Institut de physique météorologique, fondé par le professeur Masson, aujourd'hui Institut Masson, à Dakar. Centre national de la planification de la recherche scientifique et technologique à Dakar. Depuis 1976 : Sinaes, Société industrielle nationale pour les applications de l'énergie solaire (15 % de participation Sofretes).

Thèmes de recherche : Bassins solaires : avec densification et opacification de l'eau pour augmenter sa chaleur spécifique, recouverte d'une couche d'alcool gras pour éviter l'évaporation. Capteurs plastiques très bon marché. Chauffe-eau, séchoirs, climatisation solaire, test de cellules solaires conjointes IPM-Sofretes, étude de pompes solaires à évaporation directe (le fluide organique assurant la conversion thermodynamique qui circule directement dans le collecteur, on évite ainsi l'emploi d'un échangeur de chaleur).

M.F.



Inde: une nécessité urgente

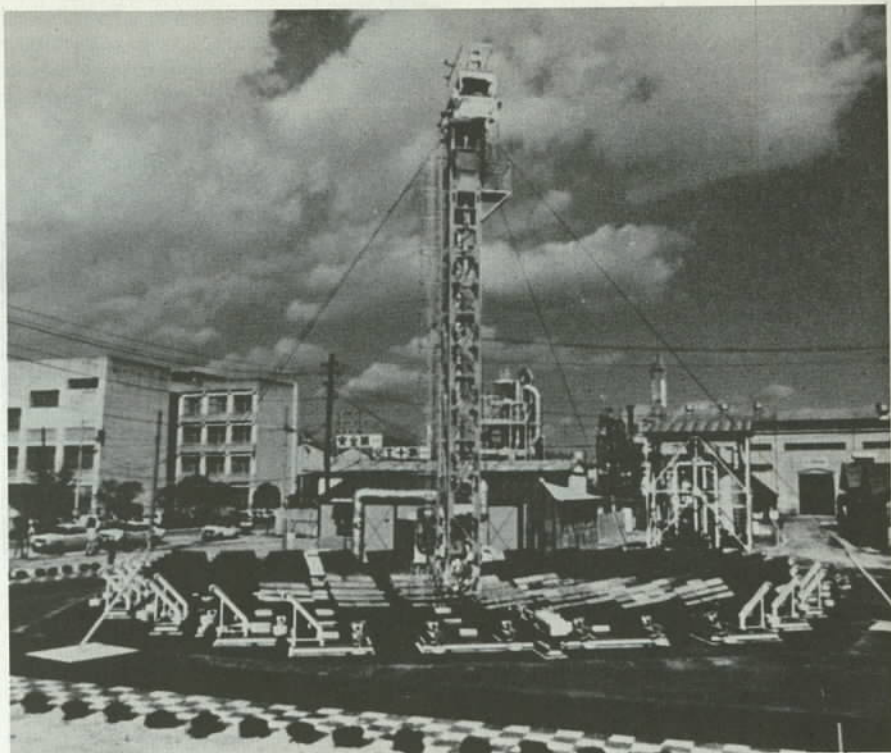
PAYS pauvre (60 % de la population en dessous du seuil de pauvreté), surpeuplé, dépourvu d'énergie fossile, mais très ensoleillé et doté d'une infrastructure scientifique de haut niveau, l'Inde pense à l'énergie solaire depuis plus de vingt-cinq ans. Aujourd'hui 17 centres de recherche gouvernementaux ou universitaires travaillent à la mise au point d'équipements solaires spécialement conçus pour les applications rurales : pompes solaires, séchoirs, épurateurs d'eau, réfrigérateurs solaires, chauffe-eau, cuisinières solaires, appareil de désalinisation... A la suite de campagnes d'information, l'opinion publique est très sensibilisée à l'avènement des énergies nouvelles. Un seul maillon manque : l'industrie. Celle-ci est trop vétuste et insuffisamment développée pour s'adapter rapidement à de nouvelles techniques. L'industrie ne suit pas... La solution provisoire est probablement le solaire dessiné de façon aussi rustique que possible afin d'être facilement assemblé par les villageois eux-mêmes et sans nécessité de maintenance extérieure : les distillateurs d'eau qui alimentent en eau potable un village ou les séchoirs de fruits, de poissons ou de grains, semblent particulièrement adaptés.

Depuis 1975, la Société d'énergie solaire indienne est rattachée à l'ISES (International solar energy society) et l'Inde organisera en 1977 un congrès international consacré à l'énergie solaire.

Recherche : Depuis 1975, plan gouvernemental de 6 millions de francs par an sur cinq ans. Recherche solaire coordonnée par le Groupe d'énergie solaire du comité national de la science et la technologie. Ces applications thermiques de l'énergie solaire sont considérées comme secteurs prioritaires. 36 stations de météorologie effectuent des mesures solaires. 17 centres de recherche. Cours d'énergie solaire dans toutes les grandes universités.

Thèmes de recherche : Pompes solaires (8 projets : 200 W, 1 kW, 4 kW). Séchage. Distillation de l'eau (1 000 l/jour). Centrales électriques (5 - 50 kW). Photopiles (surtout CdS). Vapeur industrielle (120°). Chauffage. Climatisation. Cuisinières solaires.

Réalisations : 3 sociétés indiennes fabriquent et commercialisent des chauffe-eau solaires. Depuis 1974, plusieurs grandes entreprises indiennes (Tadas, Kirloskars, Jyoti, Amiel, Mahendran...) consacrent une partie de leur budget à leurs propres recherches solaires mais ne tiennent pas à subventionner les recherches universitaires pourtant beaucoup plus avancées. **M.F.**



Japon: un pari écologique

LOTS surpeuplés, pays sans espace ni ressource ayant choisi une croissance industrielle vertigineuse pour soutenir son économie, le Japon est aujourd'hui le pays le plus sévèrement atteint par la pollution. L'énergie solaire semble une solution possible pour sortir de cette impasse. Néanmoins, le pari sera difficile à tenir, car l'énergie solaire a besoin d'espace et se limite aux faibles et moyennes puissances, alors que l'industrie japonaise réclame de fortes puissances. Il y a vingt-cinq ans, le Japon a été le premier pays à utiliser largement les chauffe-eau solaires : plus de 2 millions en service en 1965 ! Devant l'urgence des besoins en énergies propres, le gouvernement japonais a créé, en 1974, le programme Sunshine, afin de fortement développer les recherches solaires jusqu'à l'an 2000. Analogue au programme français Pirdes, le programme Sunshine coordonne et oriente les recherches universitaires et industrielles consacrées à l'énergie solaire et s'occupe de la coopération internationale. Les principales voies de recherche sont les centrales solaires à conversion thermodynamique (1MW à 10 MW), les cellules photoélectriques, l'habitat solaire et la production d'hydrogène. Depuis 1971, la Société japonaise pour l'énergie solaire est rattachée à l'ISES (International solar energy society).

Recherche : Depuis 1974, programme national Sunshine jusqu'en l'an 2000.

Projet de centrale solaire à Hiroshima élaboré par la firme Mitsubishi. La tour sera haute de 15 mètres, vers elle convergeront les rayons solaires renvoyés par 792 miroirs.

Budget : 1974 : 8,7 millions de yens. 1975 : 11 millions de yens. 1976 : 14,6 millions de yens. 1977 : 15 millions de yens. 8 centres de recherche universitaires.

Thèmes de recherches : maisons solaires (3 construites en 1960). Bassins solaires (600 construits pour réchauffer l'eau des rizières). Chauffe-eau solaires (2 millions vendus en 1965). Fours solaires (1 grand four à l'université de Tohoku à Sendai et deux plus petits à l'université de Keio). Centrales électriques (1 MW en projet pour 1980 et 10 MW en projet pour 1985). Photopiles (développement de cellules solaires bon marché, photopiles à couche puis réalisation de centrales photovoltaïques d'ici 1985). Climatisation. Production d'hydrogène par électrolyse, thermochimie ou séparation à haute température. Stockage de chaleur.

Réalisations : neuf sociétés japonaises fabriquent et commercialisent des chauffe-eau solaires, des pompes à chaleur, des réfrigérateurs à absorption, des systèmes de stockage... Plusieurs grandes industries japonaises ont un département d'énergie solaire : Toshiba, Sanyo, Kawasaki... **M.F.**

Chili: une œuvre de pionniers

LES débuts de l'énergie solaire au Chili remontent à l'année 1872, avec la première installation mondiale de distillation de l'eau par l'énergie solaire construite à Las Salinas. Depuis ces temps reculés, les Chiliens ont toujours porté un vif intérêt à l'énergie solaire dont le nord de leur pays est exceptionnellement bien pourvu, l'insolation y est comparable à celle des pays arabes. Plusieurs centres universitaires et industriels, en particulier la fameuse université Santa-Maria de Valparaiso, mettent au point de nombreux équipements solaires et améliorent les anciens : cuisinières, chauffe-eau, distillateurs, réfrigérateurs. Plusieurs industries utilisent déjà le rayonnement solaire dans leurs processus de production, la Compañia Anglo Lautaro, par exemple, provoque la concentration de solutions de sulfate de sodium dans dix bassins solaires de 44 m² chacun, soit une surface de captation de 440 m². Cette technique est si simple qu'on oublie parfois d'y penser : il suffit de laisser l'eau s'évaporer au soleil et cela économise 50 000 tonnes de pétrole par an, que cette compagnie n'a pas à importer d'Équateur, du Venezuela ou de plus loin encore !

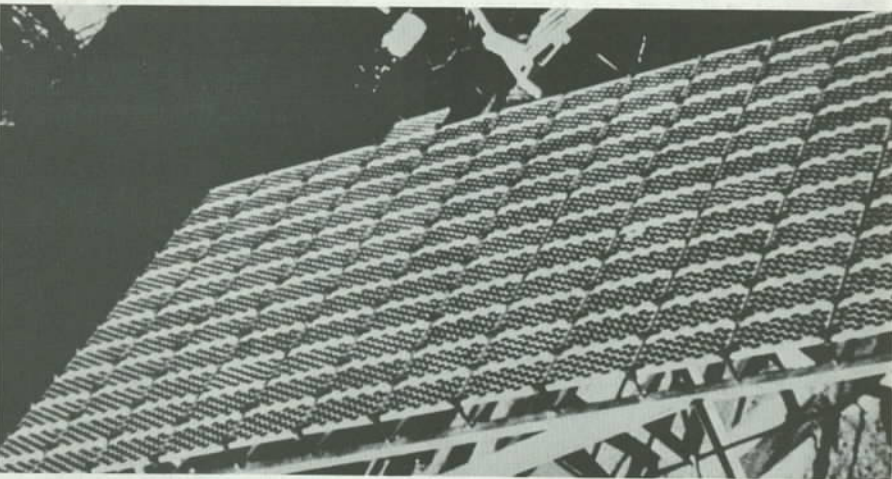
Recherche : Principal centre de recherche solaire : Universidad tecnica Federico Santa Maria de Valparaiso. Autres centres : Universidad de Chile, Santiago. Universidad tecnica del Estado. Universidad del Norte, Antofagasta. Compañia Química y Minera de Chile. Compañia Anglo Lautaro, Las Salinas. Oficina Meteorologica.

Thèmes de recherche : Cuisinières solaires (malheureusement peu adaptées aux habitudes culinaires chiliennes). Chauffe-eau (à concentration, mais de conception très simple ne nécessitant qu'une orientation manuelle le matin, celle-ci étant ensuite obtenue automatiquement). Distillateurs (implantés en plusieurs endroits, en particulier Quillagua). Réfrigérateurs à compression et à absorption (fonctionnement avec de l'ammoniac). Bassins à gradient de sels (contribution théorique aux travaux de l'Israélien Harry Tabor). Electrolyse du sulfate de cuivre au moyen de l'énergie solaire (processus entrant dans la fabrication du cuivre à partir du minerai ; étude de faisabilité en cours). Fourneaux solaires. Climatization utilisant le rayonnement vers le ciel nocturne (le ciel nocturne sans nuage est un corps noir quasi parfait, surtout dans les régions arides : il absorbe le rayonnement infrarouge du sol et produit donc du froid dit... « solaire » !).

Réalisations : Production et commercialisation de chauffe-eau solaires au Chili. Utilisation de l'énergie solaire dans divers

processus industriels (concentration du sulfate de sodium, électrolyse du sulfate de cuivre en cours d'étude...). M.F.

Alimentation en énergie électrique de petites installations électriques destinées au raffinage du cuivre par électrolyse (Université de Antofagasta, Chili, 1961). Le générateur est composé de 144 modules RTC, chacun comprenant 36 cellules de 19 mm² de diamètre ; il fournit 26,5 A sous 3,3 V, soit 87,45 W pour un ensoleillement de 1 kW/m². Après 15 ans, les caractéristiques courant-tension mesurées à 0,5 % n'ont pas varié (condition climatique : désert du Chili). (Document « Université de Antofagasta ».)



Europe: le soleil en commun

LE Conseil des ministres de la CEE a approuvé, en 1975, un programme spécialement consacré aux énergies nouvelles, dans le cadre duquel l'énergie solaire bénéficie d'un budget de 17,5 millions d'unités de compte, soit environ 90 millions de francs français, pour la période allant de 1975 à juin 1979. Celui-ci doit financer les recherches solaires effectuées dans les différents centres de recherche des pays membres, dans l'industrie et dans les universités (projet de centrale 1 MWe, chauffage solaire, stockage intersaisonnier...). L'orientation des programmes est soumise à l'avis du Comité Consultant pour l'Énergie Solaire, actuellement placé sous la direction de Robert Chabbal, directeur général du CNRS français ; trois représentants de chacun des pays de la Communauté y siègent, les deux autres représentants de la France étant M. Phéline, de la Délégation aux Énergies nouvelles, et M. Durand, directeur général du LEP.

Le programme solaire européen se divise en cinq points :

- a) collecteurs solaires et habitat ;
- b) production de travail mécanique et d'électricité ;
- c) conversion photovoltaïque ;
- d) photochimie et photobiologie ;
- e) biomasses et mesures du rayonnement solaire.

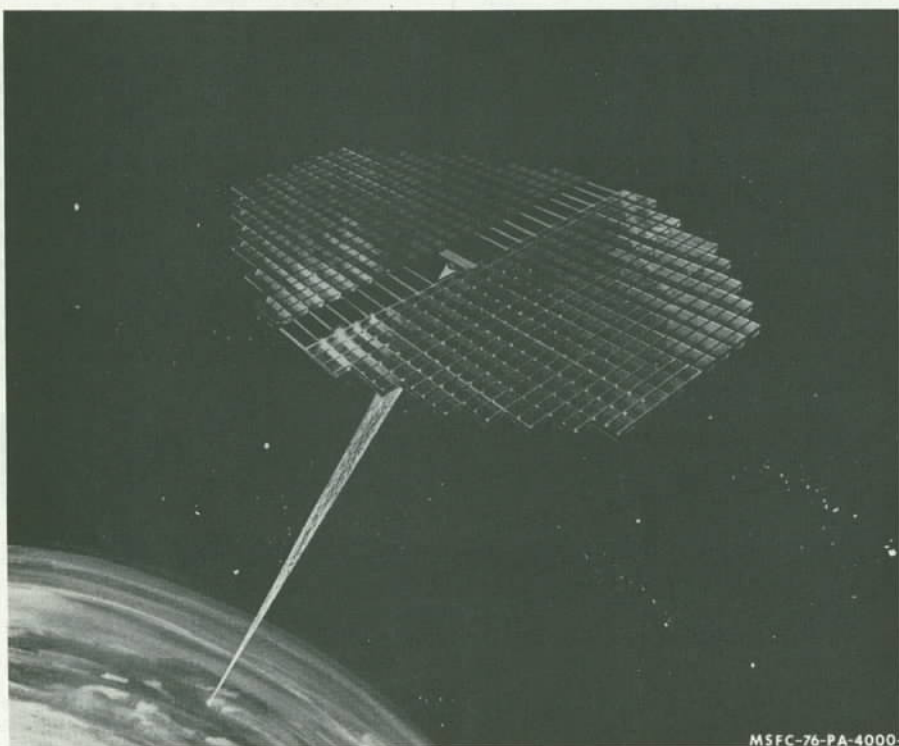
D'ici à 1980, un prototype de centrale solaire de 1 MWe doit être construit dans le sud de l'Italie suivant le modèle des centrales à concentration réalisé par le professeur Francia de Gênes. La CEE vient également de lancer un appel d'offres pour le stockage intersaisonnier (la cha-

leur stockée pendant l'été est restituée en hiver) et prépare actuellement un manuel d'information sur l'énergie solaire rédigé en anglais et en français et destiné à un large public.

En conclusion, d'après Wolfgang Palz, actuellement responsable du programme solaire européen, il semble que dans un premier temps, à côté des applications de l'énergie solaire dans l'habitat, la récupération des déchets agricoles et l'exploitation des biomasses (végétaux cultivés pour leur valeur énergétique) auraient dans toute la Communauté plus d'impact que les autres applications de l'énergie solaire car les investissements nécessaires sont moindres au départ. Dans un second temps, la production d'électricité par conversion thermodynamique permettra de réduire sensiblement la consommation d'hydrocarbures, ceux-ci pouvant alors être préservés pour la chimie. Toutefois l'énergie solaire n'aura dans les pays européens une incidence notable sur leur économie que le jour où les photopiles, d'un rendement meilleur que celui de la conversion thermodynamique dans le climat moyen de l'Europe, pourront être produites en grande série et à des coûts très bon marché. A cause de l'ensoleillement médiocre, intermittent et compte tenu des faibles rendements actuels, l'énergie solaire en Europe doit contribuer moins à produire qu'à économiser l'énergie ! Ainsi, grâce à une meilleure connaissance des échanges thermiques entre le soleil, l'environnement et le consommateur, au moins éviterons-nous peut-être ce gaspillage.

M.F.

Etats-Unis : les grands moyens



MSFC-76-PA-4000

L'un des projets américains de centrale spatiale solaire élaboré par la NASA. Un tel dispositif pourrait fournir 5 à 10.000 mégawatts à la Terre acheminés sous forme de microondes qui seraient ensuite transformés en électricité. (Document USIS.)

DÉPUIS le 26 octobre 1974, l'énergie solaire n'est plus un mythe aux USA mais une loi. L'administration américaine chargée de la recherche et du développement en matière d'énergie (ERDA en anglais) créée trois mois plus tard, reçut le pouvoir de financer des recherches, des études, des lancements et des démonstrations prouvant la compétitivité de l'énergie solaire sous certaines de ses formes.

Le but fondamental de l'ERDA, selon les structures et les habitudes de la société américaine, c'est d'entraîner les industriels à se lancer dans ce domaine.

L'ERDA ne commercialise pas le résultat de ses recherches, déclare le docteur Lloyd Herwig responsable scientifique de la division solaire de l'ERDA à Washington, mais agit pour encourager les investissements en matière d'énergie. Il lui faut prouver qu'il n'y a pas d'obstacles techniques insurmontables pour cette commercialisation, que les coûts d'études, de réalisations et de fonctionnement seront compétitifs avec les autres énergies et enfin que l'utilisation de l'énergie solaire n'aura pas d'effets maléfiques sur l'environnement.

La division des secteurs de l'énergie solaire est très complète ; outre le thermique et le photovoltaïque classiques on trouve la bioconversion, la récupération de la

différence de température entre la surface et le fond des mers, l'énergie éolienne...

Cette division du secteur solaire permet à l'ERDA de ne négliger aucune piste et de prospecter systématiquement tous les domaines.

Cette année sera choisi le site du futur institut de recherches en matière d'énergie solaire (SERI en anglais) qui ne sera pas forcément construit dans un des Etats ensoleillés du sud. Bien sûr, les actions de l'ERDA sont à différentes échéances. Le court terme, d'ici cinq ans, s'intéresse surtout à l'eau chaude sanitaire, le chauffage et la climatisation, les serres agricoles, etc., le long terme vise les satellites solaires envoyant leur énergie par micro-ondes grâce à des antennes impressionnantes.

Avant de passer à une revue de détails des différentes branches, une remarque s'impose : la plupart des grandes multinationales sont présentes dans le secteur solaire actuel. Bien sûr, toutes les études qu'elles font ne sont pas toutes à leurs frais mais cela donne une indication sur l'intérêt porté outre-Atlantique à l'énergie solaire. Citons pêle-mêle General Electric, RCA, Westinghouse, Boeing, Martin Marietta, Rockwell, pour les compagnies aérospatiales, Mobil, Exxon pour les

pétroliers, Texas, Motorola pour les électroniciens, etc. Pour les agences gouvernementales américaines la liste serait longue mais on peut en détacher la NASA, le département de la défense (Dod), la santé (Hew), le logement et le développement urbain (Hud), etc. De même la liste des universités spécialisées dans l'énergie solaire serait assez longue mais on peut citer l'Université de Floride (Gainesville), de Californie (Berkeley), de Stanford, etc. Enfin, il ne faut pas oublier la valeur de l'initiative privée américaine. Par exemple le parc d'attractions Disneyworld en Floride s'équipe de systèmes solaires et le fait savoir bien fort.

La conversion thermosolaire

Pour les Américains il n'y a plus de problèmes à résoudre au point de vue technique dans le domaine de la conversion thermosolaire. La question unique est de savoir si cette forme d'énergie est compétitive avec les autres énergies concurrentes. Les principaux points où se portent les efforts de l'ERDA sont l'amélioration du prix du kilowatt-heure et les problèmes d'environnement. Tout le reste n'est que contrainte habituelle de l'énergie solaire, stockage et dispersion par exemple, ou problème lié à l'utilisation de n'importe quelle forme d'énergie. En 1971, la conversion solaire thermique disposait de 60.000 dollars ; cette année, elle dispose de plus de 51 millions de dollars pour la construction. Cela montre le chemin parcouru.

La première étude dans ce domaine concerne une centrale solaire de 10 megawatts-électriques. Parmi les entreprises recevant des fonds de l'ERDA, on trouve surtout des firmes aérospatiales habituées à la technologie de pointe : Mac Donnell Douglas (5,2 millions de dollars), Martin Marietta (5,8 millions de dollars), Honeywell (6,75 millions de dollars) et Boeing (972 000 dollars). Ce sont les laboratoires Sandia de Livermore en Californie qui assurent la coordination de ce gigantesque projet actuellement étudié à Albuquerque dans le Nouveau-Mexique.

L'approche se fait par étapes partielles sur des installations d'essais développant 5 MWth. Cette année l'ERDA espère atteindre le MWth et les 5 MWth sont attendus pour janvier 1978. Le but de cette approche est d'évaluer les différents concepts. Faudra-t-il une tour et des concentrateurs à miroir ? Faudra-t-il des huiles organiques ou de la vapeur d'eau dans la chaudière ? Faudra-t-il des héliostats ou des miroirs fixes ? etc., etc. Toutes ces questions sont en passe d'être résolues à Albuquerque, et du résultat dépendra la réalisation de la centrale de 10 MW.

Une autre direction consiste à chercher si le concept d'énergie totale (électricité plus chaleur) est applicable aux centrales solaires. Les études entreprises devraient donner un résultat à la fin des années 80. Une même centrale fournirait, d'après ce concept, l'électricité, le chauffage industriel et la climatisation, d'une petite usine, d'un village ou d'une base militaire. Dans ce domaine, certaines fir-

mes ont tendance à se spécialiser dans l'application. Par exemple Mac Donnell Douglas pour l'industrie, Rockwell pour les supermarchés.

Il existe aussi, outre les études des différents composants des centrales solaires, une direction de recherche pour les énergies hybrides mi-solaires, mi-fuel, avec toutes les variantes possibles.

Pour terminer remarquons que parmi les études de recherches portant par exemple sur les panneaux, les miroirs, les optiques, les fluides, les chaudières, etc., il y en a une qui s'est faite à Odeillo en France pendant l'année 1975. Il s'agissait de l'institut de technologie de la Georgie qui s'intéressait aux hauts-flux pour de futures centrales allant jusqu'à 300 MWe.

Chauffage et climatisation

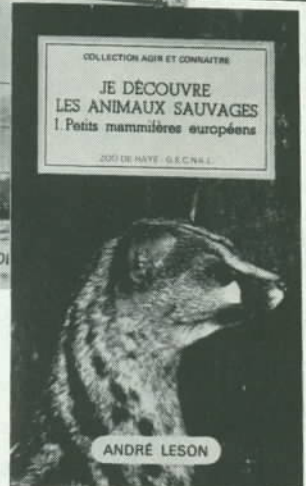
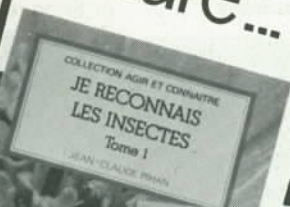
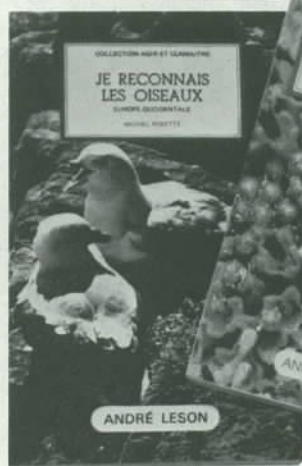
En l'an 2000, 20 % de l'énergie aux U.S.A. servira à chauffer et à climatiser les espaces d'habitations ou les locaux commerciaux. Le but du secteur de l'ERDA correspondant est d'avoir au moins 10 % de cette énergie d'origine solaire pour les 75 millions de constructions. Déjà la plupart des agences gouvernementales intéressées s'équipent en panneaux solaires. Nous le verrons pour les centres de la NASA mais c'est également vrai pour l'HUD (Maisons et développement urbain), la poste, la justice, les anciens combattants, etc. Il s'agit de construire le maximum d'installations solaires soit en même temps que l'immeuble, soit sur un immeuble déjà équipé avec une autre énergie, et de montrer au public que cela fonctionne parfaitement et permet des économies. Selon la région, les opérations de démonstration se font pour le chauffage, l'eau chaude ou la climatisation, ou encore deux applications à la fois. Le cas idéal étant le rassemblement des trois techniques sur la même construction. Il est hors de question de faire la liste des opérations en cours, il y en a plusieurs centaines voire plusieurs milliers. Elles concernent des écoles, des hôpitaux, des locaux commerciaux, et surtout des maisons individuelles. Il y a de plus en plus d'industries qui acceptent d'assurer la climatisation de leurs bureaux, par exemple, par l'énergie solaire.

Ici aussi les recherches et les essais portent sur tous les détails du système : collecteurs, stockage thermique, pompes, etc., mais on retrouve plus souvent des petites compagnies, des universités que des grosses entreprises. Enfin toute une section du bureau national des Standards, lui-même utilisateur d'énergie solaire, est ouverte aux inventeurs qui désiraient améliorer leur système.

Programme photovoltaïque

Le problème de cette division du programme de l'énergie solaire de l'ERDA est très simple : le watt produit par les photopiles coûtait 22 dollars. Aujourd'hui, en crête, le watt vaut 15 dollars (pour 130 kW déjà installés). Bientôt nous atteindrons 10 dollars le watt pour 150 kW. Pour que le photoélectrique pas-

mieux
vivre
avec la
nature...



des guides pratiques, à emporter sur le terrain

Collection Agir et Connaître

dans chaque ouvrage : illustration complète, fiches descriptives, lexique et... des "trucs" pour identifier les espèces.

- **Je reconnais les insectes.** Tomes 1 et 2. 29 francs l'un.
- **Je reconnais les arbres.** 34 francs.
- **Je fais mon éducation écologique.** 32 francs.
- **Je m'oriente sans difficulté.** 15 francs.
- **Je découvre les algues.** 24 francs.
- **Je reconnais les coquillages.** 34 francs.
- **Je reconnais les oiseaux.** 36 francs.
- **Je cueille des champignons sans danger.** 29 francs.
- **Je reconnais les animaux sauvages.** 29 francs.
- **Je reconnais les poissons marins.** Tome 1. 29 francs.

 ANDRÉ LESON

10, rue de l'Éperon, 75006 PARIS Téléphone : 326.56.73

se dans le commerce, il faut atteindre le prix de 50 cents le watt (2,50 F) vers 1985. Peut-être avec des centrales photovoltaïques ? Quoi qu'il en soit le marché actuel existe déjà notamment avec les régions isolées ou mobiles (radio-balises, téléphones, bouées, stations météorologiques...). Le problème à résoudre réside dans la technologie de fabrication de ces cellules. Il faut atteindre la grande série pour faire baisser les prix. Peut-être aussi le silicium n'est-il pas le matériau idéal pour les photopiles, à la fois pour le rendement, la fabrication et le maniement.

L'énergie des océans

Il est surprenant de trouver ce chapitre dans une étude sur l'énergie solaire. Pourtant, estime l'ERDA, l'océan est un très bon moyen de stockage de l'énergie solaire. Mais ce n'est pas tout, l'ERDA s'intéresse aussi à l'énergie des vagues des courants marins, des marées et des gradients de salinité.

De l'océan l'Amérique estime retirer au moins 20 000 megawatt-électriques en l'an 2000, essentiellement sous forme électrique, sans oublier les à-côtés que sont l'aquaculture et la production d'eau douce. Certaines études ont montré que des centrales de 100 à 1 000 MWe avaient des applications commerciales pour la production d'électricité en mer et son acheminement vers la Terre et pour des procédés de transformations chimiques associés. Il s'agit en fait de gigantesques machines utilisant la différence de température qui existe entre la surface des mers et une plus grande profondeur. Les cycles utilisés sont à faible amplitude de température. Le principe en est connu depuis les machines de Georges

Claude au début du siècle, mais, à l'époque, la technologie nécessaire n'était pas prête. Dans ce domaine la corrosion marine et les transferts thermiques sont parmi les plus étudiés. Bien sûr certains domaines de recherche seront probablement abandonnés mais l'idée de base trouvera une application tôt ou tard, les Américains en sont persuadés puisque 8,585 millions de dollars ont été attribués en 1976 dans ce domaine par l'ERDA. Bien entendu toutes les agences gouvernementales s'intéressant à la mer sont impliquées dans ce programme (la Navy, NOAA, Marad, etc.).

Si on retrouve de nombreuses universités parmi les contractants, les grandes firmes ne sont pas absentes : Lockheed, Trw, General Electric.

Ce domaine, baptisé Otec (Ocean thermal energy conversion) apparaît plutôt comme étant à longue échéance.

La bioconversion

Dans ce domaine, traité par ailleurs dans ce numéro, l'ERDA s'intéresse essentiellement à la production de combustibles tirés de masses de produits organiques produits rapidement grâce au soleil et à la photosynthèse. Là aussi la liste des contrats est révélatrice des directions poursuivies. En fait, il y a la bio-conversion proprement dite qui peut conduire à l'hydrogène par biophotolyse (Université de Berkeley) au méthane par digestion anaérobie (Université de l'Illinois) ou aux alcools, ethanol par fermentation (General Electric). Les matières de base font aussi l'objet d'études (cannes à sucre, sorgho, maïs...) mais il existe des procédés partant de déchets organiques, de celluloses, etc. Enfin rattachés à ce

domaine, figurent les conversions thermiques de bio-masses comme la gazéification ou la liquéfaction. Il existe déjà des installations expérimentales dans ce domaine par exemple à Albany dans l'Oregon, celle qui transforme les copeaux de bois en combustibles liquides est susceptible de modifications pour pouvoir étudier différents procédés.

Rôle du soleil en agriculture et industrie

Il s'agit ici d'étudier les besoins basse température de ces deux grands secteurs qui consomment 40 % de l'énergie américaine. Des études ont montré que 40 % de cette énergie était située dans la zone de température inférieure à 200 °C et que l'énergie solaire utilisée de façon simple pouvait se tailler une part de ce pactole. Les exemples d'application sont nombreux : serres, séchage des grains, chauffage des étables, etc. en agriculture.

L'étude est divisée en trois secteurs selon les températures : moins de 100 °C, entre 100°C et 176 °C (ce qui correspond à 350 °C Fahrenheit) et au-dessus de 176 °C.

Les contractants sont essentiellement des universités ayant un département agricole (Texas, Oklahoma, Kentucky...) mais on trouve aussi des grosses entreprises comme Lockheed. Les régions intéressées sont réparties sur tout le territoire des Etats-Unis.

Le rôle de la NASA

Depuis longtemps l'agence spatiale américaine s'intéresse au soleil. D'abord par les cellules de ses satellites puis par les gigantesques stations solaires perchées sur leur orbite géostationnaire et réexpédiant l'énergie accumulée par micro-ondes vers la Terre. Mais entre le passé et l'avenir la NASA a voulu redescendre sur Terre et équiper tous ses centres administratifs de panneaux solaires, montrant ainsi son intérêt pour l'énergie solaire. En fait, vu son formidable potentiel de recherche, il n'y a pas un secteur de l'énergie solaire laissé de côté par la NASA, que ce soit les piles, le vent, le chauffage, le stockage, la NASA est partout. Un centre comme le Lewis à Cleveland est spécialisé entre autres dans les recherches solaires mais la NASA agit entièrement avec l'accord de l'ERDA pour éviter les doublons.

La NASA finalement est un moteur puissant très à l'image du système américain. Elle étudie un procédé, le fait réaliser par des entreprises privées, l'essaye elle-même dans l'espace et ne le retient que s'il est rentable.

C'est cela l'efficacité des USA. Dans le soleil elle est redoutable. Mais cela ne l'empêche pas d'acheter des centrales solaires à l'Italie ou de vendre des compagnies comme Photon Power d'El Paso à des compagnies pétrolières françaises comme la CFP.

G.L.

Tests de panneaux solaires au Centre de recherches Lewis de la NASA à Cleveland, dans l'Ohio. (Document USIS.)

