

ENERGY:

Sun, Wind and Steam as Promising Sources

Recent concern about dwindling fossil fuel supplies and rising fuel prices has turned worldwide attention toward three unconventional energy sources that are free, virtually inexhaustible, and largely pollution-free: geothermal steam, solar radiation and wind power.

Because they are freely available, these sources have particular value for developing countries. But it is not just the developing countries that are showing interest. In the United States, about \$12.2 million will be spent on solar research this year — for next year a total of \$82.4 million has been proposed. Japan launched a program called Project Sunshine in 1970, aimed at putting into operation a one-megawatt solar power plant by 1980.

New Zealand, Iceland, Japan, El Salvador, Mexico, the Soviet Union, Italy and the United States already have a total installed capacity of 1,000 megawatts in geothermal power stations. In Iceland the homes of half the population are heated by natural hot water and steam.

In *Geothermal Energy: Resources, Production, Stimulation*, James B. Koenig of the California Division of Mines and Geology says: "It has been shown — in Hungary, Iceland, New Zealand and the Soviet Union — that direct utilization of geothermal energy in industry, agriculture and space heating is appreciably less expensive than the use of crude oil, gasoline or diesel fuel for the same purposes . . . In the generation of electricity, only hydroelectric power has been found to be cheaper, and only in certain situations."

As long ago as the 1930's, and more recently in the 1950's, wind power was utilized in the United States by means of large aero-generators. In the 1940's a wind-power electrical generator was built and operated in Vermont and fed 1.25 megawatts into a public power system for about four years. Large propellers driving multi-kilowatt generators have since been used to feed power into public networks in Denmark, France and Germany.

"In good locations (in the United States) the essential factor of pence per kilowatt hour was nearly competitive with conventional power generation at the wind site," says Arthur Bruckner, of the City University, London, in a recent article in *New Scientist*. "However, in those days of cheap oil, the whole system complex could not be justified."

"Since then, however, advances in aerospace research have given us better materials and even 6,000-horsepower feathering propeller hubs. Moreover, the price of oil fuel has soared. Present estimates indicate that a wind load factor of just 25 per cent could make aerogeneration, using the best of current technology, economically feasible in Britain . . ."

Solar energy seems to hold particular promise for developing countries, because many are in sunny, arid areas with few conventional energy sources. Such countries have an urgent need for increased energy

ENERGIE:

utilisation du soleil, du vent et de la vapeur

L'amenuisement des approvisionnements en carburants fossiles et les augmentations de prix consécutives ont récemment préoccupé les observateurs de la conjoncture en même temps qu'un peu partout dans le monde l'attention s'est portée vers trois sources d'énergie dont on parlait peu jusqu'alors: la vapeur d'origine géothermique, le rayonnement solaire et . . . le vent.

Du fait qu'elles sont intrinsèquement gratuites, ces sources d'énergie ont une importance particulière pour les pays en voie de développement, mais ces derniers n'ont pas été les seuls à s'y intéresser. Les États-Unis dépenseront cette année environ 12,200,000 dollars en recherche sur l'énergie solaire, cependant qu'un budget de 82,400,000 dollars a été proposé pour l'année prochaine. Le Japon a lancé un programme, le programme "Sunshine" en 1970 en vue de mettre en service en 1980 une génératrice "solaire" d'un million de watts.

La Nouvelle-Zélande, l'Islande, le Japon, la République de Salvador, le Mexique, l'Union Soviétique, l'Italie et les États-Unis ont déjà leurs centrales géothermiques d'une capacité totale d'un milliard de watts cependant qu'en Islande la moitié de la population se chauffe à l'eau chaude et à la vapeur de source géothermique.

Dans son livre *"Geothermal Energy, Resources, Production, Stimulation"* M. James B. Koenig, de la Division des mines et de géologie de la Californie, nous dit: "Il a été démontré, en Hongrie, en Islande, en Nouvelle-Zélande, en Union Soviétique, que l'utilisation directe de l'énergie géothermique dans l'industrie, l'agriculture et le chauffage des locaux est sensiblement moins coûteuse que celle du mazout lourd, de l'essence ou du fuel domestique pour le même usage . . . Dans la production de l'électricité, seules les sources hydro-électriques ont été reconnues moins coûteuses, et encore dans certaines situations seulement."

Si loin dans le passé que les années 1930 et plus récemment, dans les années 1950, les États-Unis ont utilisé le vent pour faire tourner de grosses génératrices. Dans les années 1940, il a été construit au Vermont un ensemble éolienne-génératrice qui a pu, pendant quatre ans, fournir un total de 1.25 mégawatt à un réseau public d'électricité. Depuis cette époque, des réseaux publics ont été alimentés de cette façon au Danemark, en France, en Allemagne, par de grandes éoliennes qui entraînent des génératrices de plusieurs kilowatts.

M. Arthur Bruckner, de l'Université de la Cité (Londres), écrivait récemment dans un article donné au *New Scientist*: "A condition d'être bien placées certaines éoliennes ont pu, aux États-Unis, se montrer concurrentielles sur le prix du kilowatt-heure avec des génératrices traditionnelles fonctionnant au site même. Cependant, à l'époque du pétrole bon marché,

supplies, but are often too poor to use conventional plants and expensive distribution systems. Much of the population lives in small, widely dispersed communities.

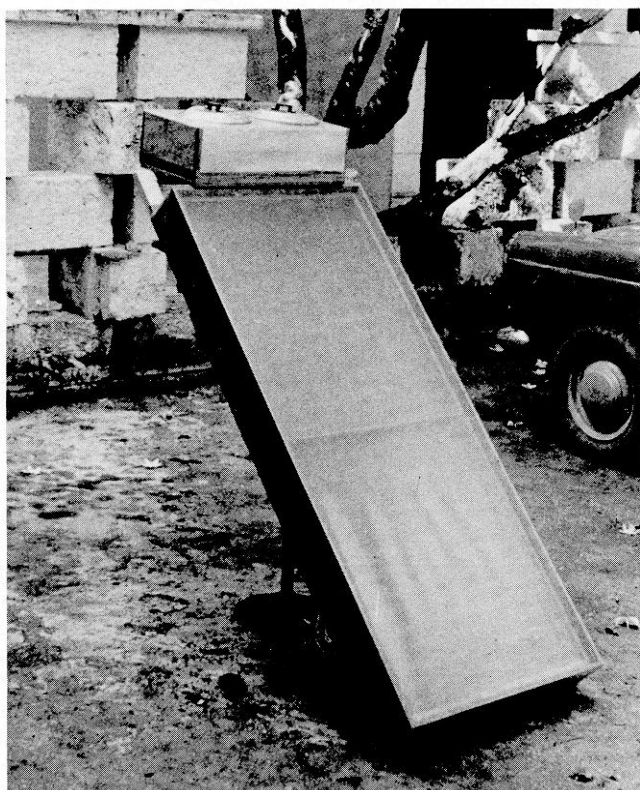
Such conditions are ideal for some of the better-developed applications of solar energy, such as water heating, purification of saline water by distillation, crop drying and evaporation. But solar energy has also been used in many experiments for space heating and cooling, refrigeration and ice-making, desalting of water, salt production, hot air engines, lighting, photovoltaic conversion to electricity, and production of chemical fuels through biological processes. These have had variable degrees of success, but have not yet been established economically or socially.

In a recent article in the British science journal, *Nature*, B. J. Brinkworth, of the department of mechanical engineering, University College, Cardiff, writes: "The entire world energy demand for human purposes other than agriculture is less than the solar energy falling on a region 100 kilometers square in a favorable location . . . we may shortly have to return to an economy directly powered by solar energy as the brief era of cheap fuel comes to its inevitable end. In the long term we have no choice; solar energy is the only perpetual source capable of meeting the likely demands of the future."

Dr. Brinkworth points out that there is a huge potential requirement throughout the world for solar devices with capacities ranging from a few watts to a few tens of kilowatts.

A solar steam cooker in Barbados developed by McGill University's Brace Research Institute

Aux Barbades, une cuisinière alimentée par l'énergie solaire — appareil mis au point à l'Université McGill



il était impossible de justifier économiquement de telles installations.

"Depuis lors, les progrès dans la recherche aérospatiale nous ont apporté de meilleures machines et les éoliennes modernes dont les hélices peuvent se mettre en drapeau fournissent jusqu'à 6,000 HP. De plus les prix de l'huile combustible ont monté en flèche. D'après les estimations actuelles, l'entraînement de génératrices par l'air, avec un vent de 25% de sa puissance possible, dans d'excellentes conditions techniques, serait une solution rentable en Grande-Bretagne . . ."

Il semble y avoir de belles promesses pour l'énergie solaire dans les pays en voie de développement, car beaucoup de ceux-ci sont situés dans des zones arides avec peu de sources classiques d'énergie, mais bien ensoleillées. Ces pays ont un besoin pressant d'approvisionnements en énergie, mais sont souvent trop pauvres pour se permettre le système de centrales classiques avec leur réseau coûteux de distribution. Une grande partie de la population vit dans de petites localités, grandement dispersées.

Ces conditions sont idéales pour l'application de la technique très avancée dans l'utilisation de l'énergie solaire; chauffage de l'eau, distillation de l'eau salée, séchage des récoltes et évaporation. Mais le rayonnement solaire a été employé dans d'autres expériences: chauffage et refroidissement de locaux, réfrigération et fabrication de la glace, production de sel par dessalement de l'eau, moteurs à air chaud, éclairage, production d'électricité par réaction photovoltaïque, production de carburants synthétiques par procédés biologiques. Toutes n'ont pas été couronnées de succès et aucune n'a pu prétendre encore à la rentabilité et à l'acceptation par le public.

Voici maintenant ce qu'écrit dans un récent article de la revue scientifique anglaise *Nature* M. B. J. Brinkworth, du département de génie mécanique de University College (Cardiff): "La demande mondiale d'énergie pour les besoins autres que ceux de l'agriculture est moindre que l'énergie produite par l'ensoleillement d'un territoire de 100 kilomètres carrés, dans de bonnes conditions d'exposition . . . nous pourrions être obligés de retourner bientôt à une économie activée par l'énergie solaire, l'ère relativement brève du pétrole bon marché tirant inévitablement à sa fin. A long terme nous n'avons pas le choix: le rayonnement solaire est la seule source continue d'énergie capable de satisfaire les exigences probables que nous rencontrerons dans l'avenir."

M. Brinkworth remarque encore qu'il y a de par le monde une demande potentielle énorme pour des appareils fonctionnant à l'énergie solaire dans les catégories de capacité comprises entre quelques watts et quelques dizaines de kilowatts. Il en donne ci-dessous des exemples:

"Tous les besoins d'un hôpital en eau chaude, toute la réfrigération de ses ailes et de ses amphithéâtres pourraient être satisfaits par le rayonnement qui tombe sur ses toits. Le toit d'une maison peut fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement d'un tour ou d'un métier, celui d'une grange, assez d'énergie pour faire marcher une pompe qui suffirait à l'irrigation d'une dizaine d'hectares. Un appareil de la taille d'un tableau noir alimenterait les récepteurs de radio et de télévision de toute une école; un alambic de distillation de la taille d'une mare à canards pourrait fournir de l'eau potable à tout un village."

"All the hot water needs of a clinic and the refrigeration of its wards and theatres could be provided by the energy which falls on its roofs," he says. "The roof of a dwelling could furnish power for a loom or lathe; that of a barn enough for a pump, able to irrigate 10 hectares of land. A school's radio and television receivers could be powered by a device the size of a blackboard; a solar still the size of a duck pond could yield enough drinking water for a village."

Power for small local enterprises like these cannot be provided economically by large-scale conventional generation at central sites, Dr. Brinkworth says, largely because of the high cost of transmission among low density populations, and the high cost of fuel.

"Solar-powered devices could substantially raise productivity in such local enterprises as weaving, timber sawing, paper milling, food processing and preserving, light manufacturing, plant maintenance, irrigation, fresh water supply, drainage and a host of other activities. By these devices, it may yet be possible to revitalise the village from within."

Dr. Brinkworth observes that it remains to be seen whether solar energy research in developed countries will benefit underdeveloped ones, which are most in need of it in times of rising fuel costs.

In the same issue of *Nature*, Lord Robens of London proposes the formation of international energy research projects for such matters of common interest as solar energy.

"What I think is important is to set up an International Energy Council, whose purpose would be to examine the possibilities of solar heat, oil and gas from coal, and oil from oil shale and tar sands. In these areas lie vast quantities of energy and although a good deal of the technology is already known, and makes a good starting point, a substantial amount of extra research work is required which is both costly in money and requires a very large group of fuel scientists and technicians."

Why have these unconventional energy sources not been exploited before? One reason is that fossil fuels have been available in such abundance and so cheaply that there seemed no need to consider alternatives. Then again the promise of nuclear energy intrigued both technical men and industrialists, and monopolized government research funds.

Storing the energy produced can also present difficulties. Solar or wind output, for example, is not constant. Solar devices have sometimes offered low efficiency, and capital costs for both solar and wind energy devices are relatively high. Also, much of the research in industrialized countries has been designed for large-scale power generation only, because that was the only way to achieve cost effectiveness.

But with the rising price of fossil fuels, the picture has changed. "The true cost of conventional generation at the plant is often overlooked because of different dimensional units of equipment and fuel costs," says Dr. Bruckner. "On an annual amortised basis of capital equipment, the total fuel cost is about half the cost of electricity. Since the oil crisis, with its five-fold increase in oil costs, total cost is increased three-fold — with fuel now representing more than 80 per cent of this."

The Futurist, in its February, 1974 issue, reported predictions of 40 energy and environment experts around the world in a study called "Energy and the

M. Brinkworth ajoute que des petites entreprises locales comme celles-là ne peuvent être alimentées économiquement par les grandes centrales que nous connaissons, toujours situées dans des centres. La raison en est le haut coût du transport de l'électricité dans les zones à faible densité de population, et le prix élevé du carburant, et il dit encore:

"Des appareils mûs par l'énergie solaire pourraient augmenter substantiellement la productivité dans les entreprises locales telles que les filatures, le sciage, la pâte à papier, le conditionnement et la mise en conserve des aliments, l'irrigation, l'alimentation en eau douce, le drainage et toute une série d'autres activités. Grâce à cet appareillage, il serait possible de régénérer le village de l'intérieur."

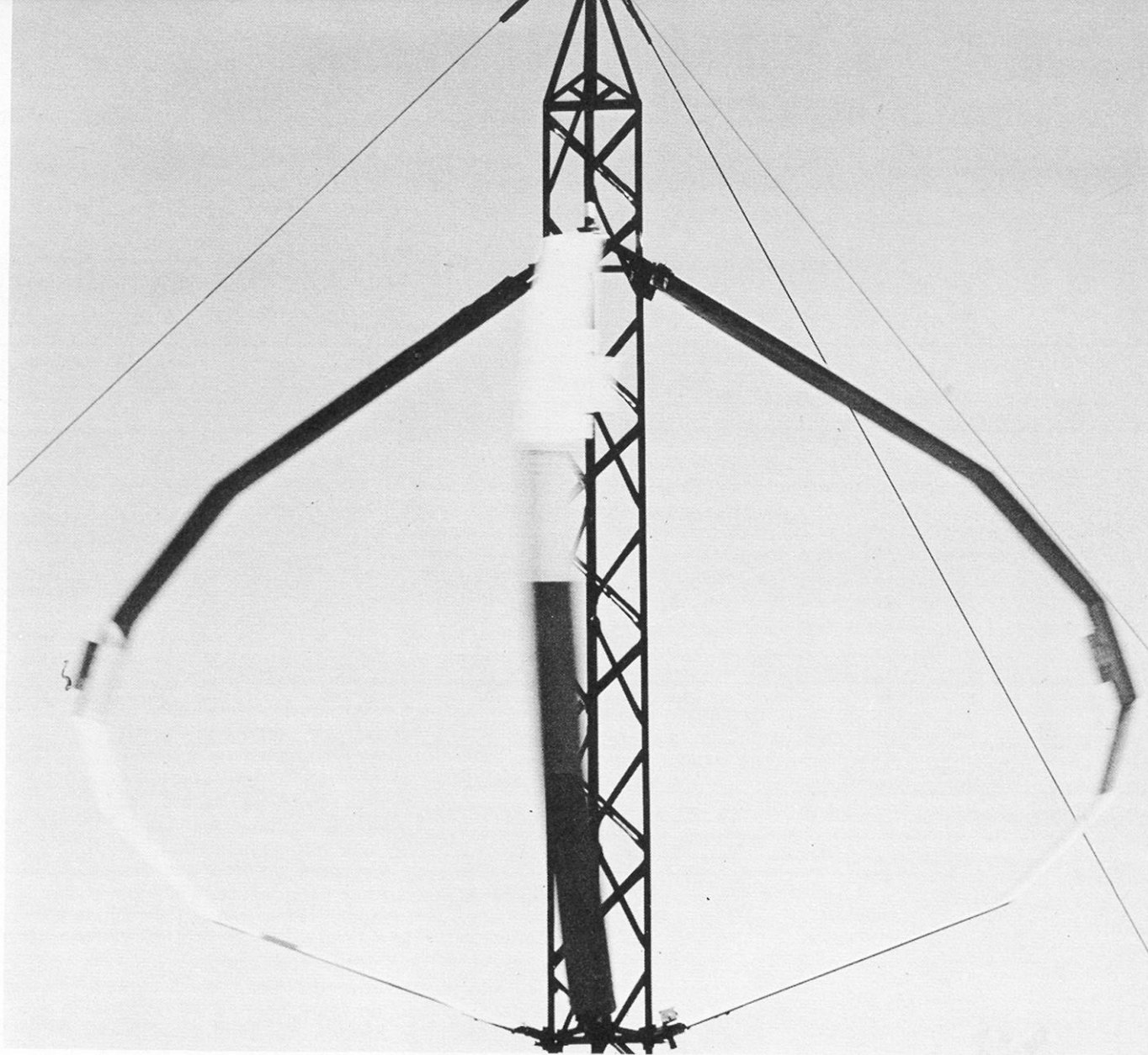
Les pays en voie de développement bénéficieront-ils de la recherche menée dans les pays industrialisés? Cela reste à voir, observe M. Brinkworth, en ajoutant qu'en ces temps de pétrole cher, les premiers en ont un besoin plus pressant que les seconds.

Dans le même numéro de *Nature*, lord Robens (Londres) propose la création de projets de recherche internationale en matière d'énergie, projets qui viseraient des sujets d'intérêt commun comme l'énergie solaire, et il ajoute:

"Ce qui est important à mon avis, c'est de créer un Conseil International de l'Énergie dont l'objet serait d'examiner les ressources à attendre de l'énergie solaire, du pétrole et du gaz tirés du charbon, et du pétrole tiré des sables et des schistes bitumineux. Il y a là de grandes quantités d'énergie à découvrir, et bien que les moyens techniques à employer sont déjà connus dans une grande mesure, ce qui est un bon point de départ, il reste qu'il faudra faire un gros travail de recherche supplémentaire, ce qui d'une part est coûteux et d'autre part suppose la collaboration d'un important groupe d'experts et de techniciens du pétrole."

Mais pourquoi, dira-t-on, ces autres sources d'énergie n'ont-elles pas déjà été exploitées? La raison en est que, premièrement, les carburants fossiles ont été disponibles en telle abondance et à si faible coût qu'il ne semblait pas y avoir besoin de chercher ailleurs. Puis les promesses de l'énergie nucléaire ont occupé l'esprit des techniciens et des dirigeants d'industries, tout en accaparant les fonds gouvernementaux de recherche. Deuxièmement les sources de remplacement avaient leurs inconvénients: stocker cette énergie, quand le rayonnement solaire et la puissance du vent, on le sait, ne sont pas constants, présentait des difficultés; les appareils fonctionnant à l'énergie solaire ont présenté parfois une faible efficacité et les immobilisations, tant pour ces appareils que pour ceux qui sont mûs par le vent, sont relativement coûteuses. Il faut ajouter que beaucoup de la recherche, dans les pays industrialisés, est allée à l'étude de grandes centrales d'énergie, parce qu'elles étaient le seul moyen de faire fructifier les immobilisations.

L'augmentation de prix des carburants fossiles allait bouleverser ces vues. Pour laisser parler M. Bruckner "Le coût véritable du fonctionnement d'une centrale traditionnelle est parfois masqué par la différence entre centrales dans la taille de la machinerie et par les coûts du carburant. Compte tenu de l'amortissement annuel du coût des machines, le coût du carburant est à peu près la moitié du prix de revient de l'électri-



The 14-foot diameter wind turbine shown on the cover at work

Eolienne de 14 pieds de diamètre alimentant la turbine illustrée sur la page de couverture

Environment: Scenarios for 1985 and 2000." The median estimates of scientists asked to predict the years in which there would be a 50-50 chance of major technological advances suggested 1980 for fuel cells for small-scale power generation; 1990 for simple solar furnaces for home power generation in tropical and subtropical regions; 2020 for widespread use of geothermal power; and after 2020 for earth-based solar energy devices for bulk power generation.

In the light of increasing interest in unconventional power sources, their predictions may turn out to be conservative ones.

— DAVID SPURGEON

citée. Depuis la crise du pétrole, qui en a fait augmenter le prix de cinq fois, le coût total a augmenté pour sa part de trois fois et maintenant le carburant représente plus de 80 pour cent du prix de revient."

Dans son numéro de février 1974 *The Futurist* rapporte les prédictions de quarante experts de l'énergie et de l'environnement de toutes les parties du monde. L'étude a pour titre "Énergie et environnement. Schémas pour les années 1985 et 2000." Selon les estimations moyennes de scientifiques auxquels on a demandé de prédire les années qui verraient survenir, les chances étant également partagées, des changements technologiques importants, l'année 1980 serait celle des piles à combustible pour la production d'électricité à petite échelle; l'année 1990, celle de fours solaires de fabrication simple pour la production d'électricité dans les régions tropicales et sous-tropicales; l'année 2020, celle de l'usage généralisé de l'énergie géothermique; après 2020 viendrait l'ère des convertisseurs d'énergie solaire basés au sol pour la production massive d'électricité.

Si l'on considère l'intérêt grandissant qui se manifeste pour les sources d'énergie non orthodoxes, ces prédictions pourraient bien s'avérer fort modestes.

— DAVID SPURGEON